

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**"ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA  
(*Pennisetum americanum* (L.) Leek.), COMO ALIMENTO  
PARA EL GANADO."**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS.**

**POR**

**ULRICO REFUGIO LOPEZ DOMINGUEZ**

**MONTERREY, N. L.**

**ABRIL DE 1991**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**"ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA  
(*Pennisetum americanum* (L) Leeke.), COMO ALIMENTO  
PARA EL GANADO."**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS.**

**POR**

**ULRICO REFUGIO LOPEZ DOMINGUEZ**

**MONTERREY, N. L.**

**ABRIL DE 1991**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**"ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA  
(*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.), COMO ALIMENTO  
PARA EL GANADO."**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPE-  
CIALIDAD EN ALIMENTOS.

POR

**ULRICO REFUGIO LOPEZ DOMINGUEZ**

MONTERRREY, N.L.

ABRIL 1991

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.), COMO ALIMENTO PARA EL GANADO."

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS.

· POR

ULRICO REFUGIO LOPEZ DOMINGUEZ

COMISION DE TESIS

APROBADA:

DIRECTOR: Dr. R.K. Maiti



CO-DIRECTOR: Dr. P.A. Wesche



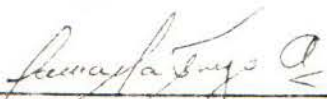

CO-DIRECTOR: Dr. M. Badii



CO-DIRECTOR: Dr. R.G. Ramírez



POR LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO,FCB-UANL

  
Dra. Laura Trejo Avila  
Presidente, Comité Doctoral  
Dra. Julia Verde Star  
Subdirectora de la División

MONTERREY, N.L.

ABRIL 1991



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.), COMO ALIMENTO PARA EL GANADO."

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS.

POR

ULRICO REFUGIO LOPEZ DOMINGUEZ

JURADO DE EXAMEN DOCTORAL

PRESIDENTE: DR. RATIKANTA MAITI

\_\_\_\_\_

SECRETARIO: DR. PEDRO A. WESCHE E.

\_\_\_\_\_

VOCAL: DR. MOHAMMAD BADI

\_\_\_\_\_

VOCAL: DR. ROQUE G. RAMIREZ L.

\_\_\_\_\_

VOCAL: DRA. JULIA VERDE STAR

\_\_\_\_\_

MONTERREY, N.L.

ABRIL 1991

## AGRADECIMIENTOS

- \* El autor desea expresar su más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible realizar esta investigación. Muy en especial a la Universidad Autónoma de Nuevo León, mi Alma Mater, que a través del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía y la Oficina de Proyectos Especiales de la Dirección General de Estudios de Postgrado me brindaron su apoyo económico para el financiamiento de este proyecto.
- \* También deseo agradecer a la Secretaría de Educación Pública, que a través del Convenio # 88-08-0128--503-04 y el Proyecto de Regionalización de la Investigación, aportó fondos que sirvieron para poder completar este trabajo.
- \* Al Director de la Facultad de Agronomía de la UANL, M.C. Ramón Treviño Treviño, quien siempre me brindó su apoyo personal e institucional; lo mismo al M.C. Leonel Romero Herrera quien me auxilió en los aspectos administrativos y consecución de fondos.
- \* Mi reconocimiento al Dr. Manuel Rodríguez, Lic. Carlos Polo Rodríguez y Lic. Alicia Lartigue quienes me apoyaron, con gran diligencia, en el trámite de fondos para esta tesis.
- \* Agradezco también a los técnicos del Proyecto "Pastizales y Forrajes": Ings. Cristo Rey Alvarado, Carlos Villarreal, Maribel Cruz, y Sr. José Guerra quienes participaron activamente en los trabajos de campo, y laboratorio.
- \* Un reconocimiento muy especial a los Ings. Nahúm Espinoza y Antonio Durón, quienes me asesoraron en la evaluación estadística; de la misma manera, a Felipe Cárdenas, Juan Franciso Uresti responsables del Laboratorio de Bromatología de la FAUANL.
- \* A los estudiantes, quienes a través de su trabajo de Servicio Social, prácticas de campo, laboratorio, o trabajos de investigación participaron en el desarrollo de esta tesis.
- \* Finalmente quiero agradecer a mis directores de tesis, Drs. R.K. Maiti y P. Wesche, y mis asesores M. Badii y R.G. Ramírez, quienes con su guía, sugerencias, críticas, discusiones y revisiones han permitido que este escrito se enriqueciera. A ellos por sus enseñanzas y amistad, mi gratitud.



## RESUMEN

### ESTUDIO AGROBIOLOGICO DEL MIJO PERLA (*Pennisetum americanum* (L.)Leeke), COMO ALIMENTO PARA EL GANADO."

El objetivo general de la investigación fue determinar algunos factores que influyen en la producción y calidad del forraje de mijo. Para lograr dicho objetivo se diseñaron experimentos durante tres ciclos de cultivo, dos condiciones de humedad, tres densidades de siembra, y dos niveles de nitrógeno, en cuatro cultivares de mijo perla.

Los resultados mostraron que los efectos de la densidad de siembra fueron consistentes no habiendo resultados significativos en la producción de materia seca (RMS) en las condiciones de riego y temporal, siendo significativo solo en el ciclo primavera 89, tanto para la producción de materia verde como seca. Hubo consistencia en el comportamiento de los genotipos tanto bajo condiciones de riego como de temporal; sin embargo, la interacción entre genotipo x fertilización fue significativa para todas las variables estudiadas y ciclos de cultivo. Los genotipos respondieron en forma diferente dependiendo del ambiente que se les proporcionó, como época de siembra, dosis de siembra, disponibilidad de agua y fertilización; éste ambiente afectó tanto el comportamiento productivo como la calidad nutricional del forraje.

Las correlaciones entre componentes biológicos y el valor nutricional fueron significativas. La proteína cruda (PC) se correlacionó negativamente con la altura,

número de hojas, número de entrenudos, FND, FAD y lignina, y en forma positiva con el contenido de Ca, P, DIVMS y DIVMO. La DIVMO se correlacionó positivamente con la altura, NHo, NHi, PC y Ca, y en forma negativa con el contenido de FND y FAD, bajo condiciones de riego. Lo anterior demuestra que la manipulación del ambiente y de la planta beneficia la productividad y la calidad nutricional del forraje. Estos coeficientes tomaron diferente valor y significancia dependiendo del cultivar y del ambiente proporcionado a las plantas.

El rendimiento de forraje estuvo asociado en forma consistente con la altura, número de hojas, número de hijuelos, número de entrenudos y diámetro del tallo. También estos componentes estuvieron correlacionados entre sí. Los coeficientes variaron entre cultivares, condiciones hídricas, y ciclos de cultivo.

Se computaron ecuaciones de regresión entre las variables biológicas con el RMS para conocer los modelos de predicción por ciclo de cultivo. En forma general, las variables que tuvieron mayor valor predictivo para el RMS fue la altura y el número de hojas del tallo principal. Para el contenido de PC las variables que mejor contribuyeron a este fin fueron el número de entrenudos, el diámetro del tallo, y el contenido de P. Asimismo, para la predicción de la DIVMO las mejores variables predictoras fueron el contenido de MO, el número de entrenudos, FND y DIVMS.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la densidad de siembra se puede considerar independiente de los otros factores debido a que no interactúa con éstos. La interacción genotipo fertilización resultó ser el efecto con significancia en todos los ciclos, además se encontró que interactúa fuertemente con las condiciones



de humedad en que éstos se desarrollaron. Los diferentes factores agrobiológicos estudiados influyeron en la productividad y valor nutritivo del cultivo. El óptimo de aportación de nutrientes por hectárea que se puede obtener de un genotipo, depende del ambiente que se les proporcione e.g. humedad, fertilización, densidad de siembra, y época de cultivo.

Esta investigación demostró que el análisis de calidad de un alimento no da una indicación clara de la eficiencia que una especie es capaz de ofrecer. Hay un sinnúmero de factores, como los que aquí se estudiaron, que afectan no tan solo la productividad y calidad nutricional de un alimento, sino el aprovechamiento y la utilización por los animales.

## ABSTRACT

### "STUDY ON THE AGROBIOLOGY OF PEARL MILLET (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), AS A FEED FOR CATTLE".

The general objective of the research was to determine some factors which influence the forage yield and quality. In order to obtain the objective, several experiments were designed during three crop cycles under two water conditions, three plant densities, and two nitrogen levels with four pearl millet cultivars.

The results indicated that plant density showed consistently no significant results on dry matter yield (DMY), both under irrigated and rainfed conditions, but showing significance only in the spring season 89, both for green and DMY. The genotype responses were consistent both under irrigated and rainfed situations although the genotype x fertilizer interaction was significant for all the variables studied and crop cycles. The genotypes responded differently depending on the plant environment like planting date, water availability and fertilization; this environment affected the productive behavior and also nutritional forage quality.

The correlation among biological and nutritional quality components were significant. The protein content was negatively correlated with plant height, leaf number, internode number, NDF, ADF, and lignin; and positively with Ca, P, IVDMD and IVOMD. IVOMD was positively correlated with plant height, NHo, NHi, CP, and negatively with NDF and ADF, under irrigated condition. This demonstrates that



environment and plant manipulation benefit the forage yield and its nutritional quality. These coefficients showed different values and significance level depending on cultivar and plant environment.

The forage yield was associated consistently with plant height, leaf, tiller, internode number and stem diameter. These components varied among cultivars, water levels and crop cycles.

Regression equations were computed among the biological variables with DMY in order to establish the prediction model for crop cycle. In general, the variables showing higher predictive value for forage yield were plant height and main stem leaf number. At the same time, for the IVOMD prediction, the higher predictive values were OM, internode number, NDF, and IVDMD.

On the basis of the results obtained, it may be concluded that plant density may be considered independent of the other factors due to the no-interaction among them. The genotype x fertilization interaction was significant in all crop cycles and additionally found strong interactions with water situations of crop growth. The optimum nutrient content per hectare obtained from a genotype depends on the environmental conditions, viz. water level, fertilization, plant density and planting date.

This research demonstrates that the quality analysis of a food does not indicate clearly the capability of the species to produce efficiently. There are a number of factors mentioned in the study, affecting not only the productivity, but also the nutritional food quality and utilization by the animals.

# I N D I C E

Contenido	Página
Agradecimientos.....	i
Resumen.....	ii
Abstract.....	v
Indice.....	vii
Abreviaturas del texto.....	xi
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	4
Generalidades acerca del cultivo.....	4
Requerimientos ambientales generales.....	4
Adaptación.....	5
Prácticas culturales en el mijo perla.....	5
Epoca de siembra.....	5
Efecto de la temperatura.....	5
Densidad de siembra.....	6
Fertilización.....	8
Rendimiento forrajero del mijo perla.....	8
El mijo perla comparado con otros forrajes.....	9
Caracteres asociados al rendimiento de forraje.....	10
Valores nutricionales del mijo perla.....	10
Composición y valor nutrimental del forraje.....	11
Generalidades.....	11
Factores que afectan a la calidad de los forrajes.....	14
Consumo voluntario y rendimiento de los forrajes.....	16



Cualidades forrajeras importantes para maximizar la productividad animal.....	17
Relación de la fertilización nitrogenada, la com- posición química, la digestibilidad, palatabilidad, salud y comportamiento animal.....	18
Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la composición química.....	19
Influencia de la fertilización en el animal.....	23
Efecto de la fertilización nitrogenada y la preferencia y consumo del ganado.....	24
Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la pro- ducción animal.....	26
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	28
Ubicación de los experimentos.....	28
Ecológia del área de estudio.....	28
Descripción de los experimentos.....	29
Material genético.....	30
Variables medidas.....	31
Diseño experimental.....	32
Modelo matemático para los análisis individuales.....	32
Modelo matemático del análisis combinado.....	33
Modelos de predicción para el RMS y calidad nutricional	33
Análisis estadísticos de la calidad nutricional del forraje.....	34
<b>RESULTADOS.....</b>	35
Variables agrobiológicas.....	35

Altura del tallo principal.....	35
Diámetro del tallo principal.....	36
Número de hojas.....	36
Número de hijuelos.....	37
Número de entrenudos.....	37
Tasa hoja-tallo.....	38
Rendimiento de materia verde.....	39
Rendimiento de materia seca.....	39
Variables nutricionales.....	40
Ceniza.....	40
Proteína cruda.....	40
Fibra neutro detergente.....	40
Fibra ácido detergente.....	41
Lignina.....	41
Contenido de calcio.....	41
Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia orgánica.....	41
Relación funcional entre el contenido de nutrientes y componentes biológicos.....	42
Correlación entre los componentes biológicos y el rendimiento.....	42
Modelos de predicción para el RMS y calidad nutricional	42
DISCUSION.....	45
Densidad de siembra.....	46
Fertilización nitrogenada.....	51
Genotipos.....	56
Epocas de siembra.....	58



Riego.....	64
Componentes del rendimiento.....	68
Relación calidad alimenticia-componentes del rendimiento.....	70
Modelos de regresión para el rendimiento de materia seca.....	74
CONCLUSIONES.....	77
LITERATURA CITADA.....	78
TABLAS .....	93

### Abreviaturas del texto

A	Altura del tallo principal
CHO	Carbohidratos
D	Diámetro del tallo principal
DIVMO	Digestibilidad in vitro de la materia orgánica
DIVMS	Digestibilidad in vitro de la materia seca
E	Efecto de experimentos
ELN	Extracto libre de nitrógeno
F	Efecto de la fertilización nitrogenada
FC	Fibra cruda
FAD	Fibra ácido detergente
FND	Fibra neutro detergente
G	Efecto de genotipos
H/T	Tasa hoja/tallo
NE	Número de entrenudos del tallo principal
WHI	Número de hijuelos del tallo principal
WHO	Número de hojas del tallo principal
P	Efecto de las poblaciones de plantas
PC	Proteína cruda
PD	Proteína digestible
RMS	Rendimiento de materia seca
RMV	Rendimiento de materia verde
T	Efecto de los tratamientos aplicados



## INTRODUCCION

El noreste de México tiene un mosaico climático caracterizado en su mayoría por lluvias escasas, erráticas y con altas oscilaciones térmicas. Bajo tales condiciones se desarrolla una agricultura de temporal donde los principales cereales para propósitos de consumo humano y forrajero son el sorgo y el maíz en la primavera y verano, y la avena y la cebada en el invierno. La mala distribución, la frecuencia impredecible y la duración de la temporada de lluvias afectan los rendimientos de forraje y grano requeridos para la alimentación del ganado, lo que ha provocado la importación de éstos de otras zonas o del extranjero.

En la región hay una necesidad grande de forrajes, aún en las épocas que no son críticas, esto en virtud de las miles de cabezas de ganado estabulado que se tiene que alimentar. Lo mismo ocurre en los ranchos en donde las épocas críticas hacen estragos, no tan sólo por la alta mortalidad, sino por la baja productividad y reproducción del ganado, debido a una deficiente nutrición.

Bajo tales condiciones críticas, la introducción y explotación de cultivos con capacidad de tolerar la escasez de humedad, tiene gran importancia, pues podrían ofrecer una alternativa en el incremento de la producción de alimentos.

En México muy poco se ha estudiado acerca de la potencialidad de los mijos como fuentes de forraje para las zonas áridas y semi-áridas, con excepción de algunos trabajos aislados realizados en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), en Apodaca, N.L. y en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en Torreón, Coahuila. De estas investigaciones se puede deducir que el cultivo de mijo perla se adapta bien y tiene la potencialidad para producir

forraje con buen rendimiento y calidad nutricional (Maiti y López, 1990). A la Unidad de Recursos Genéticos de la FAUANL (Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.) se introdujeron 212 líneas de germoplasma de mijo perla de la colección mundial que tiene el ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics, Patancheru, India). Este material se empezó a caracterizar desde 1981 en base a cualidades morfo-fisiológicas y los resultados han sido reportados por Maiti y López (1990).

Considerando las experiencias obtenidas en éstos siete años de investigación con el cultivo se consideró estudiar con mayor profundidad los factores que influyen en la producción y calidad de esta especie, así como conocer su valor nutricional. Es necesario también conocer la respuesta del mijo en diferentes ambientes - época de cultivo, fertilización, densidad de siembra, etc., y su efecto en el rendimiento y calidad. Esto con el objeto de conocer más acerca de la capacidad de respuesta del mijo perla en ésta región. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo General:**

Estudiar los factores que influyen en la producción y calidad del mijo perla como alimento para el ganado.

**Objetivos específicos:**

1. Cuantificar el efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en cuatro genotipos de mijo perla en diferentes ciclos de siembra (Primavera y Otoño), bajo condiciones de riego y temporal, y sus interacciones.
2. Determinar los factores que influyen en la productividad, composición química y calidad nutritiva del mijo perla en diferentes ambientes.



3. Seleccionar el sistema de cultivo que ofrece el óptimo de producción y aporte de nutrientes.
4. Establecer un modelo para estimar la productividad y valor nutritivo de este cultivo forrajero en ésta región.

## ANTECEDENTES

### **Generalidades acerca del cultivo.**

Los mijos son cereales de grano pequeño que se consumen por millones de gentes en el mundo. La mayoría de los mijos se cultivan en Asia, Africa y la URSS donde se usan principalmente como alimento para humanos (Anderson y Martin, 1949).

En Africa es ampliamente cultivado y reemplaza al sorgo como el principal cultivo cerealero en suelos arenosos y áreas muy secas. En India se cultivan cerca de 14 millones de hectáreas. En América actualmente sólo una muy pequeña área se cultiva como forraje, en donde parece ser la mejor alternativa de siembra en el verano, sobre todo para pastorearse o cortarse para forraje (Burton, 1952). El mijo es poco conocido en México, aunque las posibilidades de ésta planta para producir grano y forraje son buenas, sobre todo en aquellas áreas menos favorecidas donde actualmente ningún cultivo puede producir rendimientos económicos.

### **Requerimientos ambientales generales.**

Los mijos tienen un mayor rendimiento de grano comparados con otros cereales, bajo condiciones de suelos poco fértiles, calor intenso y escasa precipitación. La mayoría de los mijos presentan una ventaja adicional, requieren sólo de una corta estación de crecimiento. En la India, donde la siembra depende mucho de la llegada del monzón, cuando éste llega muy tarde como para cultivar otro grano, se siembra el mijo con la seguridad que producirá algo de cosecha, por lo que se le ha llamado "cultivo trampa" (Anderson y Martin 1949).



**Adaptación.**

El mijo perla es un zacate anual de verano resistente a la sequía. Se cultiva en algunas regiones con menos de 280 mm de precipitación anual. Este cultivo crece en áreas en donde se tienen grandes períodos de sequía, tales como Ghats, en las planicies de Rajputana en India, y en el Andan cerca del desierto de Sahara en Africa (Mann, 1946). El mijo perla prospera mejor que la mayoría de los cultivos en suelos pobres. Frecuentemente sustituye al sorgo en los suelos ligeramente arenosos en el Sudán y en otras partes de Africa. En América se ha adaptado muy bien a los suelos arenosos de las planicies costeras de los EUA (Burton, 1944). En estos lugares de América es ampliamente utilizado como cultivo forrajero de temporal y, en Georgia produce más carne por hectárea que ningún otro forraje anual que se cultive en esa región (Burton, 1944). En América es utilizado sólo ocasionalmente para heno, ensilaje, o como mejorador del suelo.

**Prácticas culturales en el mijo perla.**Epoca de siembra.

El mijo perla se siembra cuando el suelo está ya caliente, dos o tres semanas después de la fecha normal de siembra del maíz. Es frecuente sembrar también en el ciclo tardío, a fines de verano.

Efecto de la temperatura.

Algunos factores que están asociados al crecimiento de las plantas tienen que ver con el ambiente en que se desarrollan éstas. Agafonov y Luzina (1982) estudiaron los factores principales determinantes de la altura en el mijo perla y encontraron que

esta estuvo correlacionada positivamente con la temperatura ambiente, aunque no existió relación con el rendimiento de grano. La temperatura también influye en la tasa de extensión del follaje en el mijo (Ong, 1983a) teniendo un óptimo no muy claramente definido, según éste autor, entre 30 y 32°C. En éste estudio la temperatura ambiente estimuló la producción de hijuelos. Por otra parte Saleem y Posler (1987) han observado que la temperatura (20/25, 25/20, y 30/25°C día/noche) no afectó significativamente la altura y el número de hijuelos de las plantas, pero ambos parámetros decrecieron con las más altas temperaturas; la productividad de materia seca por planta fue mayor en la temperatura 1 que en la 3.

#### Densidad de siembra.

Poca información se tiene acerca de la densidad óptima de plantas para lograr un buen rendimiento. Algunos autores como Tomar *et al.* (1985) dicen que es necesario establecer la población óptima de siembra de forraje de mijo perla para obtener una producción máxima de este cultivo. Por lo general, algunos manuales de cultivos forrajeros (Robles, 1976) recomiendan que para las zonas más húmedas es buena práctica sembrar de 28 a 33 kg/ha de semilla, pero que en zonas semi-áridas la densidad puede ser de 11 a 17 kg/ha, especialmente si se prepara una buena cama de siembra y utilizando sembradora, de tal manera que las semillas puedan estar distribuidas en forma homogénea sobre el terreno. Por otra parte se sugiere la conveniencia de utilizar la densidad apropiada de tal manera de no dar oportunidad a las malezas de plantarse entre el cultivo. Farías *et al.* (1983) han probado seis densidades de siembra, de 15 a 40 kg de semilla por hectárea, no encontrando

diferencias significativas en el rendimiento. En Israel se han probado densidades que van de 20 a 50 kg/ha y en hileras de 17 y 35 cm de separación encontrando diferencias significativas en el primer corte, tanto para densidades como para la separación entre surcos; en el rebrote se obtuvieron mejores rendimientos en la densidad más alta (Dovrat y Ophir, 1965).

En un intento de mejorar la productividad de forraje a densidades más altas se han aplicado los fertilizante y se ha visto que el rendimiento de forraje se ve afectado significativamente por la población de plantas y por los espaciamientos entre surcos estudiados; el rendimiento de grano y de forraje se vió incrementado significativamente debido a la aplicación de 50 kg/ha de N (Umrani *et al.*, 1982b). La aplicación de 100 kg N/ha no incrementó más el rendimiento de grano ni de forraje. El espaciamiento de 60 cm con 150,000 plantas/ha y 50 kg de N/ha bajo condiciones de temporal fue la combinación con mayor rendimiento de grano y forraje. En otro estudio realizado bajo condiciones precarias de humedad se mostró que el rendimiento de forraje y grano fue más alto con 150,000 que con 75,000 plantas/ha y en surcos separados 45 cm en lugar de 30 cm; el rendimiento se incrementó con 50 kg N/ha y la aplicación de 100 kg no aumentó más el rendimiento (Umrani *et al.*, 1983).

En cuanto a la influencia de la población de plantas sobre la morfología y la calidad del forraje en sorgo, el incremento de la distancia entre plantas resultó en una disminución de la altura y rendimiento de MS, y en un incremento en la tasa hoja-tallo (Caravetta *et al.*, 1987). El diámetro de los hijuelos también se incrementó, tanto en los principales como en los secundarios. La fibra neutro detergente (FND) y lignina



declinaron con el incremento de la distancia entre plantas, mientras que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), así como el contenido de nitrógeno se incrementaron. Experimentos tan detallados acerca de las implicaciones de la densidad de plantación sobre el comportamiento biológico y zootécnico no se han reportado en el mijo perla, por lo que se asume que éste cultivo requiere ser estudiado en forma más profunda para conocer más su potencialidad.

#### Fertilización.

Se ha estudiado el efecto que produce la aplicación de fertilizantes, principalmente sobre la productividad de este cultivo. En una prueba para conocer el efecto que producen diferentes fuentes comerciales aportadoras de nitrógeno sobre la eficiencia y respuesta del mijo se obtuvo el siguiente orden de efectividad: nitrato de amonio > sulfato de amonio > solución urea-nitrato de amonio > urea (Chapman, 1984). La respuesta ha sido diferente dependiendo de la variedad (Umrani *et al.*, 1982a), de la dosis aplicada (Siag *et al.*, 1981; Taneja *et al.*, 1981; Kaushik y Pal, 1982; Singh, 1983; Dahiya y Singh, 1984), aún cuando a dosis elevadas la respuesta no probó ser ventajosa (Kaushik y Pal, 1982; Singh, 1983). Algunos investigadores reportan un mejoramiento de la calidad del forraje que es fertilizado (Dahiya y Singh, 1984). La aplicación de fósforo también ha tenido una respuesta favorable en el rendimiento (Siag *et al.*, 1981; Taneja *et al.*, 1981; Singh, 1983).

#### **Rendimiento Forrajero del mijo perla.**

Investigando el uso del mijo perla como forraje en Rusia se obtuvieron rendimientos que variaron de 30 a 45 ton de forraje verde por hectárea, y de 55 a

61 ton/ha en el año más favorable, en un período de cinco años (Yudina, 1982). En América Stephenson y Posler (1984) reportan rendimientos de MS de 6.5 t/ha en el estado de embuche y 4.5 en la fase vegetativa. Estos autores mencionan poblaciones óptimas para rendimiento dependiendo de las temperaturas y de la disponibilidad de humedad, también señalan que con temperaturas frescas y humedad adecuada la población de plantas más alta que ellos probaron, fue la que dió el más alto rendimiento; sin embargo en condiciones calientes y secas los rendimientos más altos fueron logrados con las poblaciones más bajas.

Se ha señalado que es indispensable se introduzca un mayor número de genotipos de mijo perla a probar, tanto para propósitos forrajeros como de grano, para ampliar la base de selección (Farías *et al.*, 1983; Maiti y López, 1990). En algunas experiencias que se han tenido en México se reportan rendimientos que van de de 13 a 26 t MS/ha en tres cortes y fertilizado (González, 1983) y de 4 a 11 t/ha en dos cortes (Farías *et al.*, 1983).

#### El mijo perla comparado con otros forrajes.

El mijo se ha comparado con el sorgo tanto para la producción de grano como de forraje. En un estudio el rendimiento de grano de sorgo fue 38 % mayor que el del mijo, mientras que para el rendimiento de MS la diferencia fue solamente de 3 por ciento (Chaudhuri y Kanemasu, 1982). Maynez (1987) comparó la productividad del mijo y del zacate Sudán; en general los cuatro cultivares de mijo fueron inferiores en un 30 y 45% en el rendimiento a los dos cultivares de zacate Sudán. Comparado con el sorgo, ambos rindieron la misma cantidad de MS, y el contenido de PC no difi-

rió significativamente; sin embargo el mijo tuvo valores más altos en la DIVMS y DIVMO (Coser y Maraschin, 1981).

#### Caracteres asociados al rendimiento de forraje.

Shakoor *et al.* (1983) estudiaron el comportamiento de diferentes variedades de mijo para grano y forraje, bajo condiciones de temporal en Pakistán, ellos obtuvieron correlaciones positivas entre la altura, el número de hojas y el número de hijuelos por planta, con el rendimiento por hectárea de grano y de forraje. Estas relaciones han sido corroboradas en otro estudio realizado por Mangath (1986) en la India.

Varios investigadores (Egharevba *et al.*, 1982; Shakoor *et al.*, 1983; Youngquist, 1989) han estudiado algunas determinantes fisiológicas y morfológicas del rendimiento de grano. Egharevba y colaboradores han reportado que los hijuelos contribuyen al rendimiento de un 14 a un 35% y que ésta aportación incrementó con la disminución de la población de plantas sembradas. Las plantas altas no fueron necesariamente las más eficientes, sin embargo hubo una correlación positiva entre el rendimiento y la altura de la planta. Entre los caracteres examinados el número de hijuelos por planta fue uno de los más importantes y significativamente correlacionado con el rendimiento, y por lo tanto, se puede incluir como un criterio de selección para incrementar la producción de grano.

#### Valores nutricionales del mijo perla.

Algunos investigadores (Singh *et al.*, 1982) han utilizado como criterio de evaluación en la selección de genotipos con potencial forrajero los siguientes parámetros: rendimiento de materia verde y seca, contenido de proteína cruda, extracto eté-



reo y fibra ácido detergente (FAD), junto con el contenido de minerales (P, Ca, Mg) y digestibilidad de la celulosa, que deben tener valores máximos; y la celulosa con valores mínimos. La bromatología del mijo ha sido reportada por Goswami *et al.* (1970) en un cultivo en la fase de floración en la India, anotando los siguientes porcentajes: proteína cruda (PC) 6.8-12.8%, extracto etéreo (EE) 0.9-1.8%, fibra cruda (FC) 29.0-34.0 %, extracto libre de nitrógeno (ELN) 41.0-52.0 %, calcio 0.29-0.69%, y fósforo 0.47-0.84%. La digestibilidad del forraje de mijo perla realizada con bovinos y ovinos ha resultado satisfactoria y ha variado de 63 a 82% para la MS, de 60 a 75% para la PC, y de 69 a 80% para ELN (Butterworth, 1967). La paja, algunas veces utilizada como relleno en la India y Africa, donde el mijo se cultiva como cereal, es de baja calidad pues solo contiene de 4 a 5 porciento de PC y su digestibilidad es baja; el contenido de proteína digestible (PD) puede ser por debajo del 1%. Sin embargo, los residuos de cosecha de mijo, como los de otros cultivos pueden ser aprovechables ya que su volumen puede ser de 1.2 a 4.4 ton/ha en mijo no fertilizado y fertilizado, respectivamente. La DIVMS en este forraje fue de 55.7%, siendo afectada por la fecha de cosecha (Mosienyane, 1983).

### **Composición y valor nutrimental del forraje.**

#### Generalidades.

Los forrajes se producen principalmente para la alimentación del ganado, por lo que es importante conocer los factores que afectan su valor nutrimental. Desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas, el valor nutrimental del forraje, depende principalmente de su contenido de proteínas y de carbohidratos, así como

del grado de disponibilidad de éstos nutrimentos.

**Carbohidratos:** en el análisis químico de los forrajes, los carbohidratos (CHO) se dividen en dos clases principales, la fibra bruta (FB) y el extracto libre de nitrógeno (ELN). La FB contiene los CHO's estructurales relativamente insolubles, como la celulosa, de la que sólo puede ser digestible del 35 al 75%. Los ELN comprenden las partes solubles de los CHO's (almidones y azúcares).

**Proteínas:** de un 85 a un 90% del contenido de nitrógeno de la proteína de los forrajes procede del suelo. El equilibrio de los aminoácidos en las proteínas de los forrajes es satisfactorio. Cuando se analizan químicamente los forrajes pueden contener de un 3 a 25% de PC.

**Celulosa bruta y lignina:** el proceso de la maduración afecta el valor nutrimental de los forrajes de un modo más significativo que cualquier otro factor. Los cultivos forrajeros en crecimiento activo, aún no maduro, tiene un valor nutrimental alto. Durante la maduración se acumulan concentraciones crecientes de fibra lignificada en la armadura estructural de las plantas. La maduración final, después del alargamiento del tallo y de la floración, va acompañada de una mayor lignificación de la celulosa, y de menores valores de la proteína y de CHO's digestibles. Los forrajes contienen de un 3 a un 20 por ciento de lignina, según la fase de crecimiento en que se encuentren (Hansen, 1958; Holland y Kezar, 1990). Sullivan (1955), ha comprobado que el contenido de lignina está relacionado con una digestibilidad baja de los principios nutritivos de los alimentos.

El forraje de gramíneas de buena calidad es relativamente pobre en celulosa y lignina, y cuando la planta tiene la altura adecuada para ser utilizada, puede contener 22% y 4% (base seca), respectivamente (Sullivan, 1947). Esta clase de forraje es apetecible al ganado y ofrece una proporción favorable entre el conjunto de la energía digestible y el conjunto de la energía no digestible, o celulosa no aprovechable.

**Otros componentes de los forrajes:** los forrajes contienen vitaminas, hormonas y enzimas, que son esenciales tanto para la vida de las plantas como para la de los animales, de éstos componentes los más importantes, desde el punto de vista de la nutrición animal, son las vitaminas. Algunos de estos compuestos actúan como cofactores de los sistemas enzimáticos que catalizan las reacciones metabólicas en el organismo animal. Las vitaminas contenidas en el forraje, son rara vez limitantes para el animal que las consume (Sullivan y Garber, 1947).

**Otros componentes son los minerales.** La fertilidad de los suelos afecta el contenido de elementos minerales y el desarrollo general de la planta y, por lo tanto, al vigor de los animales que consumen los forrajes. En general, los forrajes producidos bajo condiciones adecuadas de fertilización del suelo contienen una cantidad suficiente de los elementos principales (N, P, K, Ca, Mg) para satisfacer las necesidades del ganado. Las plantas forrajeras normales contienen de 0.18 a 0.35% de P en la MS, y de 0.18 a 0.48% de Ca.



**El agua** es el elemento constitutivo más abundante de las plantas forrajeras, su porcentaje varía con la fase de maduración de las plantas y con el contenido de humedad del suelo. La calidad de una gramínea con alto contenido de humedad depende de que sea alto su valor nutrimental por kg de MS.

**Los elementos tóxicos** también son importantes, pues un forraje puede tener la tendencia de acumular algunos minerales como Se, Mo, o Mn en cantidades tóxicas. También se pueden acumular nitratos, oxalatos, en períodos de baja humedad en el suelo y con altas temperaturas. Tienen relevancia en éste aspecto las plantas del género *Sorghum* ya que pueden contener cantidades tóxicas de durinas, sustancias precursoras del HCN, especialmente durante las sequías.

#### Factores que afectan a la calidad de los forrajes.

En la calidad de los forrajes y en la concentración de nutrimentos, influyen notablemente diversos factores ecológicos relacionados entre sí. Entre éstos está la proporción de hojas; los forrajes de mayor calidad nutritiva contienen una proporción máxima de hojas en relación a los tallos. Una elevada producción de nutrimentos digestibles se obtienen en los forrajes que llevan una gran proporción de hojas (Motta, 1952).

**Relación carbono-nitrógeno:** el N es necesario para el crecimiento de las plantas y de los animales. Este elemento se encuentra además en las proteínas, vitaminas y en la parte clorofílica de las plantas forrajeras. La cantidad total de N disponible para el crecimiento del forraje está regulado por la relación C:N

del suelo y las actividades correspondientes de los microorganismos del suelo. Con una cantidad adecuada de N en el suelo, que procede principalmente de los residuos de las plantas y fertilizantes, quedan satisfechas las necesidades de N y energía de los organismos del suelo.

Además del C y N el forraje debe tener disponible los nutrimentos necesarios para su crecimiento y desarrollo. En éste aspecto los mejoradores del suelo, fertilizantes o la siembra de un forraje en suelos fértiles, asegurarán su calidad nutritiva.

**Humedad del suelo:** la disponibilidad de humedad en el suelo puede también influir en el valor nutritivo del forraje. Una duración e intensidad óptima de insolación, unidas con frecuencia a un período de sequía, aceleran la producción de las plantas. Durante los períodos prolongados de sequía aumenta el contenido de CHO'S, celulosa y lignina del forraje, mientras que disminuye el contenido de proteína.

**Estado de maduración en el momento de la cosecha:** a medida que crece el forraje, desde su nacimiento hasta la madurez, el contenido de proteína va disminuyendo y el de celulosa bruta aumentando. Esto determina una reducción gradual del valor nutritivo. Además, al ir madurando la planta disminuye la digestibilidad de estos componentes. Por lo anterior es de mucha importancia realizar la recolección en la fase adecuada de maduración del forraje.

Un punto importante, por otro lado, es la producción total por hectárea. Un aumento en la producción total del forraje, debido a la extensión moderada

de la recolección puede determinar una cantidad mayor de formas digeribles de proteína, celulosa y energía; ésto a pesar de la disminución en el porcentaje de digestibilidad. El punto de corte sería cosechar lo suficientemente temprano para obtener un forraje con alta digestibilidad y lo suficientemente tarde para lograr una producción relativamente alta por hectárea.

### **Consumo voluntario y rendimiento de los forrajes.**

El valor nutrimental de un alimento depende no sólo de su contenido de nutrimentos solubles sino también de la cantidad consumida por un día. En general, un mal consumo corresponde a un mal forraje. Una planta altamente digestible sólo será satisfactoria si se consume en cantidades adecuadas para dar lugar a una buena producción.

El consumo de los forrajes de alta digestibilidad suele ser mayor que el de los dos forrajes poco digestibles. Se ha observado que el consumo voluntario por sí sólo constituye una medida del valor nutrimental, además, la rapidez de la digestión y el paso a través del aparato digestivo afectan el consumo voluntario (Crampton, 1957).

Para determinar de un modo completo el valor nutrimental de un forraje hay que conocer: a) su contenido de nutrimentos aprovechables y, b) la cantidad que se consume al día.

El objetivo de la valoración de los forrajes deberá ser la producción de una cantidad máxima de proteína digerible y de energía digerible por hectárea. Sin embargo, en un programa de alimentación encaminado a lograr una producción máxima que requiera de un consumo alto de nutrimentos por día, puede resultar



económico utilizar forrajes cosechados un poco más pronto de lo que sugeriría el objetivo anterior. Estos forrajes de recolección más temprana aseguran un consumo máximo de nutrimentos por día.

Cualidades forrajeras importantes para maximizar la productividad animal.

Marten (1987) menciona que el comportamiento animal es una función de los nutrimentos utilizados por unidad de tiempo, lo que es una expresión del valor alimenticio verdadero de un forraje. El potencial alimenticio de una planta está compuesto del valor nutrimental, presencia de factores anticalidad y la cantidad consumida. Estos factores pueden ser una función del genotipo. El valor nutrimental de un forraje puede ser influenciado indirectamente por la parte de la planta, la maduración, el clima, el suelo y las plagas, y así mismo, puede ser influenciado indirectamente por la capacidad de cohabitación del forraje de gramínea con una leguminosa deseable, al mismo tiempo que se previene la invasión de malezas indeseables. El valor nutrimental de un genotipo puede ser influenciado directamente por su concentración de nutrimentos (energía digestible, proteína, minerales), tasa de digestibilidad condicionada por caracteres físicos o químicos, utilización efectiva de los nutrientes digeridos, la palatabilidad y el nivel de consumo, y factores anticalidad. Varios métodos organolépticos, químicos y microbianos han probado ser útiles en la selección de las gramíneas forrajeras para mejorar su valor nutrimental (Lazenby y Rogers ,1965; Raymond ,1969; Marten ,1970, 1987; Mudd 1970b; Singh et al. 1982; Mangath 1986).

Relación de la fertilización nitrogenada, la composición química, la digestibilidad, la palatabilidad, salud, y comportamiento animal.

La digestibilidad de un cultivo forrajero para un animal es el resultado de una interacción planta-animal, las prácticas agrícolas, y el ambiente. Estas relaciones son sumamente complejas por las muchas interacciones posibles entre éstos elementos y la planta.

Una forma segura de incrementar el uso del nitrógeno (N) como fertilizante en la producción de forraje sería probar que el rendimiento de este puede incrementarse sin afectar adversamente tanto a la planta, como al animal. En una revisión de numerosos experimentos sobre el efecto del N sobre el rendimiento del forraje, Ward (1959) concluye que éste fue incrementado y sólo en muy pocos casos la respuesta fue pobre o no la hubo.

El rechazo de algunos ganaderos al usar N como fertilizante en el forraje puede ser atribuido a una deficiente información concerniente a los beneficios económicos de la fertilización y a los reportes poco serios que señalan efectos adversos en la salud del animal debido a la fertilización nitrogenada.

La investigación agronómica intenta establecer correlaciones entre los componentes químicos, los cambios morfológicos y el rendimiento. Sin embargo, como se ha mencionado, éstas correlaciones pueden variar con factores como: año, época de cosecha, y temperatura (Raymond, 1969). Hay una carencia de conocimientos de las razones por las que un animal acepta o rechaza un alimento específico; un problema similar existe en intentar correlacionar factores como composición química, forma



física, olor y sabor con la aceptabilidad de un forraje por el animal.

Un problema que es básico en las investigaciones biológico-agronómicas es la falla frecuente para definir precisamente los factores pertinentes tales como el ambiente, suelo, la cosecha, la preservación y los procedimientos analíticos. Esta información puede ser necesaria para interpretar diferencias en la respuesta animal a la aplicación de fertilizantes, el manejo de los cortes, y la preservación. En el mismo sentido, la falla del investigador en definir precisamente la dieta y las condiciones de investigación asociadas, hace difícil concluir del experimento que se condujo. Estos problemas llegan a ser evidentes cuando uno intenta evaluar los efectos de N sobre la composición del forraje y el comportamiento animal, y cuando uno trata de interpretar algunas aparentes inconsistencias en las respuestas notadas por algunos investigadores.

#### Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la composición química.

**Materia seca:** el porcentaje de agua en una planta es el reflejo de muchos factores incluyendo la fase de madurez, la especie, la porción de la planta, la época del año, la humedad del suelo y la lluvia (Sullivan, 1969). La tendencia general es una disminución en la concentración de MS con las aplicaciones de N (Deinum, 1967; Fox y Brown, 1969; DeGroot, 1970; Sprage y Taylor, 1970; Lazenby y Rogers, 1965).

**Carbohidratos:** el efecto general del N en las gramíneas es un incremento en el rendimiento de MS, proteína y la producción de grandes cantidades de follaje, cuando hay suficiente humedad disponible. El efecto estimulante del N sobre



el rendimiento resulta de la utilización de los CHO's solubles, particularmente la fracción de fructosanas (Waite, 1958; Nowakowski, 1962). Se ha reportado una disminución en CHO's solubles en las plantas con la aplicación de N, notándose una correlación negativa entre el contenido de nitratos y los CHO's solubles en las plantas (Archbold, 1938; Norman, 1939; Waite, 1958; Nowakowski, 1962; Alberda, 1965). Waite (1970) ha reportado que tasas altas de N estimularon el crecimiento en raigrás resultando cosechas más frecuentes. Este autor observó que como los zacates eran cortados más frecuentemente éstos contenían niveles más bajos de carbohidratos estructurales, proteínas, celulosa y hemicelulosas; también, con dosis altas de N eran más altamente digestibles. Resultados similares han sido reportados por Webster *et al.* (1965). Algo similar ha sido observado en el maíz, en donde la aplicación de N disminuyó el contenido de fibra y lignina, pero la fertilización con P y K no produjo éstos efectos (Keeney *et al.*, 1967). Aún cuando la fertilización nitrogenada baja los niveles de la fracción fácilmente digerible de los CHO solubles en los zacates, hay una tendencia hacia reducir los niveles de los componentes fibrosos fácilmente digeribles.

**Ácidos orgánicos:** los resultados sobre el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la fracción de ácidos orgánicos en los forrajes no está todavía muy clara. Cummings y Teel (1965) reportaron que el malato se incrementó con el N disponible. Los datos publicados por Burns *et al.* (1968) indican que la fertilización incrementó la concentración de ácidos orgánicos totales; en éste mismo

estudio el uso de K y N incrementaron la concentración de ácido malónico, en alfalfa.

**Lípidos:** Kemp *et al.* (1966) señalan que un incremento de un 10 a 30% en PC en el forraje estuvo asociado a un incremento en la concentración de ácidos grasos totales, de aproximadamente 80 a 230 meq/kg MS. Estos datos indican algún incremento en el contenido de lípidos en las plantas con la fertilización nitrogenada.

**Componentes nitrogenados:** en lo que se refiere a compuestos nitrogenados la tendencia general es que hay un incremento total de N que se relaciona con el nivel alto de fertilización. La tasa de éste incremento es más alta y más rápida a proporciones más bajas (Rhykerd *et al.*, 1969). Abbring *et al.* (1971), reportaron que la PC en el pasto *Dactilis* varió de 10.5 a 27.8% en base seca, con los incrementos de los niveles de N de 248 a 589 kg/ha. En el maíz el principal efecto de la aplicación de N es la concentración de PC en las hojas y tallos, con poco efecto en la concentración de proteína en el grano (Harshbarger *et al.*, 1954; Cummings, 1967; Owen, 1967).

**Efectos benéficos de la fertilización nitrogenada** han sido observados también por Fukunaga (1967), quien reporta un incremento en el contenido de aminoácidos con la fertilización con N. De acuerdo con Kalikinskii y Kamasin (1969), los niveles de aminoácidos, aspártico, glutámico, histidina, arginina, alanina, metionina y lisina, se incrementaron con la aplicación de tasas de fertilización nitrogenada.



**Minerales:** como se ha mencionado, la composición mineral del forraje está influenciado por muchos factores, incluyendo la especie, fase de crecimiento, parte de la planta, fertilidad del suelo y la aplicación de fertilizantes, entre otros (Sullivan, 1969). Consecuentemente, la composición mineral de la planta es una función de complejas interrelaciones entre el suelo, el fertilizante, el ambiente, y el forraje mismo. Uno de los elementos fertilizantes críticos que produce ciertos efectos es el N, ya que puede cambiar la composición botánica de una pradera, la composición química del forraje, o tener un efecto directo en la toma de otros minerales del suelo.

Las fertilizaciones pesadas con N y otros elementos cambian la composición mineral de las plantas forrajeras. Heddle y Crooks (1967) notaron que el Ca del forraje se incrementó con el N en presencia de K, pero disminuyó con su ausencia, probablemente porque el trébol fué disminuído en el último caso. Mudd (1970a) reportó que el N aplicado como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  incrementó el Ca en el forraje y también disminuyó la disponibilidad de Ca en las vacas lecheras. En el caso del Mg hubo un aumentó en su concentración en el forraje con el N (Reid et al., 1966; Heddle y Crooks, 1967; Mudd, 1970b). Por el contrario Larssen (1966) notó que el Mg en forraje de maíz disminuyó con la aplicación de N, pero ésto fue acompañado con un incremento de K.

Cambios en la concentración de otros minerales ocasionados por la fertilización con N también han sido reportados. En algunos casos, el nivel de un mineral crítico se incrementa, y en otros casos puede causar una diferencia por



las aplicaciones de N. Algunos de estos desbalances pueden ser de significancia en la nutrición animal, mientras que en algunos otros no lo son. Algunos de estos estudios se han hecho con minerales como el sodio (Reith et al., 1964; Henkins, 1965; Reid et al., 1970); azufre y manganeso (Conroy, 1961); zinc, (Mudd, 1970a; Cummings, 1967; Soltanpour, 1966); iodo (Alderman y Jones, 1967); azufre (Nielsen y Cunningham, 1964; Steen, 1969).

Aún cuando la tendencia general ha sido observada en la respuesta mineral de los forrajes a las fertilizaciones nitrogenadas, es difícil de predecir la magnitud de éstas en virtud de los muchos factores e interrelaciones que juegan un papel vital en determinar la composición mineral última de la planta.

#### Influencia de la fertilización nitrogenada en el animal.

Algunos investigadores han reportado incrementos en la digestibilidad del forraje fertilizado con N, mientras que otros no los han observado. Waite (1970), notó un aumento en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) en los pastos Dactilis y Raigrás con la fertilización nitrogenada. Resultados similares han sido observados por Leslie et al. (1966), con niveles de hasta 224 kg N/ha. La DIVMS también se ha visto incrementada en Dactilis, pero no en el primer corte (Reid et al., 1966). En zacate Bermuda se incrementó la DIVMS de 37 a 46% cuando el N aplicado se incrementó de 0 a 800 kg/ha. Otros estudios no han observado diferencia en digestibilidad promovidos por la fertilización nitrogenada cuando se ha evaluado con ovejas a niveles hasta de 224 kg N/ha (Noller y Rhykerd, 1974). En maíz fertilizado a niveles crecientes hasta 896 kg N/ha el N no produjo efectos sobre el valor

energético del ensilaje (Cummings, 1967). Algunos estudios definitivamente no han mostrado ningún beneficio con la fertilización a tasas crecientes de N en la digestibilidad del forraje (Poulton *et al.*, 1957; Webster, *et al.*, 1965; Reynolds *et al.*, 1969; Niehaus, 1971).

Las controversias que existen son aparentemente debidas a la confusión del efecto del N sobre la digestibilidad con la presencia de alguna leguminosa altamente digestible en la ración. Algunas diferencias en la digestibilidad atribuible al N pueden ser relacionadas a la ontogenia de la planta. La fertilización con N estimula un más rápido crecimiento de tal manera que son posibles cortes más frecuentes con niveles más bajos de CHO solubles y estructurales y una alta disponibilidad (Waite, 1970). Otra posibilidad es que los forrajes que no reciben fertilizantes nitrogenados generalmente son deficientes en N para una actividad ruminal óptima (Waldo, 1968), cuando se usa el forraje como único alimento. Estudios con Raigrás evaluado *in vitro* han indicado un incremento en la digestibilidad promedio de la MS del forraje de 60.2 a 65.7% cuando se adicionó urea a la solución buffer del sistema *in vitro*. Esta respuesta a la urea ocurrió solamente en forraje que contenía menos de 10 por ciento de PC (Cubillos *et al.*, 1970). A manera de una conclusión podríamos decir que no hay una clara asociación entre el nivel de fertilizante nitrogenado aplicado y la digestibilidad del forraje.

#### Efecto de la fertilización nitrogenada y la preferencia y consumo del ganado.

Literatura acerca de la palatabilidad del forraje ha sido revisada por Marten en 1970. Este investigador concluye que la palatabilidad puede ser correlacionada



positivamente, negativamente o no estarlo con varias características de la planta. Por otra parte, hay diferencias en las características de comportamiento entre los animales que pastorean y los que reciben su alimento en los corrales. Lo anterior ha sido ampliamente discutido por McDonald (1968).

Se han hecho una serie de investigaciones en diferentes países, especies, y situaciones en las que se ha informado del efecto que producen algunos factores de la planta relacionados con la fertilización nitrogenada, sobre la preferencia y consumo del animal. Entre otros sobre la jugosidad del forraje y su efecto negativo en el consumo (Halley y Doughall, 1962; Arnold, 1962), y positivo en la palatabilidad en gramíneas de clima templado (Reid *et al.*, 1966); la concentración de alcaloides y su efecto negativo en la palatabilidad (Culvenor *et al.*, 1964; Moore *et al.*, 1966; Barnes *et al.*, 1971; Robbins *et al.*, 1972); contenido de azúcares totales y palatabilidad y contenido menor de fibra y palatabilidad (Bland y Dent, 1962). Algunos reportes mencionados previamente han mostrado una relación negativa entre la fertilización y concentración de CHO's solubles en gramíneas; sin embargo Reid *et al.* (1967) han observado que las ovejas tienen una marcada preferencia por las praderas fertilizadas con N o NP, aún cuando ésta concentración de CHO's solubles era baja. Parece ser que el proceso en que se ofrece el forraje tiene algo que ver en ésta respuesta. Reid *et al.* (1966), utilizando bovinos consumiendo heno de pasto *Dactilis*, demostraron que la palatabilidad del heno declinaba con el incremento de los niveles de N. Estos mismos autores observaron que dando libre acceso a las ovejas, el consumo de forraje fué mayor en las parcelas con niveles más altos de N. Por otra parte, Cameron (1966;



1967) observaron novillos y ovejas, notaron que el incremento de la dosis de N de 0 a 112 kg N/ha tuvo poco efecto en el consumo voluntario de MS.

Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción animal.

Blaser (1964) ha resumido la investigación acerca del efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción animal. Este autor establece que la fertilización con N de las gramíneas ha dado gran incremento en la capacidad de carga y producción animal por hectárea, sin embargo, los rendimientos por animal no han sido generalmente mejorados. Algunos estudios sobresalientes al respecto se mencionan a continuación: Browne (1966; 1967) encontró incrementos en ganancia de peso vivo en novillos que variaron de 25 a 90 kg durante años diferentes cuando se aplicaron 206 kg N/ha; aumentando a 412 kg se obtuvo una ganancia de peso vivo por hectárea de ca. 100 kg; no se observaron efectos adversos en la salud de los animales. Este mismo autor reporta que cuando la ganancia de peso vivo fue analizada por kg de N aplicado, la ganancia decrece cuando el nivel de N aumenta. En otro estudio la fertilización nitrogenada no afectó el comportamiento del animal en su ganancia diaria, sin embargo la capacidad de carga se dobló y la ganancia de peso por hectárea se incrementó grandemente (Mott *et al.*, 1971). En ovinos no se observó diferencia en el consumo y ganancia diaria debido a la fertilización con N en Festuca Alta (Grimes, 1967), o en novillos en pasto Cola de Rata o Bermuda (Cullison *et al.*, 1962; Cameron, 1966). En vacas lecheras (Steen, 1969) no se aumentó la producción con el forraje fertilizado con N, pero la producción por hectárea se incrementó el doble.

Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de MS están

bien documentados (Holmes, 1972). Sin embargo, datos conflictivos han sido reportados sobre el efecto de la fertilización con N sobre la composición química y la subsecuente respuesta animal. Este es un problema complejo, ya que la composición química del forraje es el resultado de interacciones entre el potencial genético de la planta, el ambiente, el suelo, y los factores de manejo. Ya que los forrajes son utilizados por el ganado y proveen una gran proporción de los nutrientes consumidos por éstos, el cambio de la composición química puede afectar su comportamiento y salud.

La baja productividad de los animales que consumen forrajes y los problemas de salud reportados generalmente se encuentran bajo condiciones de pastoreo, en donde los animales podrían estar consumiendo una ración en la cual la porción de nutrientes no suple las necesidades del animal; ya que los animales tienen necesidades nutricionales específicas se requieren investigaciones para producir forraje que supla sus necesidades, o lo más factible, debe ponerse más atención al uso de suplementos para proveer los nutrientes en la proporción adecuada. Más énfasis se requiere en un enfoque integrado para evaluar propiamente el papel del N en el complejo suelo-planta-ambiente. Las investigaciones deberían de encaminarse en ese sentido.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación de los experimentos.

Los estudios se realizaron en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en Marín, Nuevo León, durante la primavera de 1988 (P-88), el otoño del mismo año (O-88), y la primavera de 1989 (P-89), i.e. durante los ciclos de siembra temprano y tardío.

### Ecología del área de estudio.

El área de estudio pertenece a la Provincia Llanura Costera del Golfo, Subprovincia Llanuras y Lomeríos, y su ubicación es a  $25^{\circ} 23'$  latitud norte y  $100^{\circ} 03'$  longitud oeste, teniendo una altitud de 367 msnm. La temperatura promedio de la región es  $21^{\circ}\text{C}$ , con una media anual máxima de  $28.4^{\circ}\text{C}$  y una mínima de 16.6. La precipitación pluvial promedio anual es de 466 mm y una humedad relativa de 75 por ciento, según datos de la estación climatológica de la Estación experimental.

El clima, según la clasificación climática de Koppen, modificada por García (1973), es un BS1 (h')h x' (e'). Donde BS1 es seco o árido con un cociente P/T mayor de 22.9, que son los menos secos de los mismos; (h')h que corresponde a cálido con una temperatura sobre  $22^{\circ}\text{C}$ ; x' con lluvias repartidas durante el año; y (e') muy extremo.

La Figura 1 y Tabla 61 muestran las condiciones climáticas que prevalecieron durante el desarrollo de los experimentos en los tres ciclos de siembra.

El suelo de la región es de color amarillento, tipo arcilloso, pobre en materia orgánica y un pH medianamente alcalino de 7.9. Las características específicas de



los suelos de la Estación Experimental, donde se condujeron los experimentos, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de los suelos de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L., Marín, N.L.

<u>Característica</u>	<u>valor medio</u>	<u>Clasificación</u>
pH	8.1	mod. alcalino
Conductividad eléctrica, mmhos/cm.	0.4	no salino
Textura	-	arcillosa
Color	-	café grisáceo
Materia orgánica, %	2.1	medio
Nitrógeno total, %	0.1	med. pobre
Fósforo extractable, ppm.	3.8	pobre
Potasio extractable, kg/ha.	336	med. rico

La condición alcalina del suelo favorece la deficiencia de nutrientes y las pérdidas por volatilización del nitrógeno.

#### **Descripción de los experimentos.**

El estudio consistió en el montaje de seis experimentos en el campo, dos en cada uno de los ciclos de cultivo señalados, de los cuales uno estaba bajo condiciones de

riego y el otro bajo condiciones de temporal. Para cada experimento se siguió el mismo manejo del cultivo como se menciona a continuación.

**Riego:** a los experimentos de riego se les aplicó el agua cada vez, que a juicio personal, el cultivo lo necesitaba, mientras que a los de temporal, únicamente recibieron el riego de presembrado.

**Fertilización:** la dosis señalada de nitrógeno (N) se aplicó en dos fracciones, la primera al momento de la siembra y la segunda al momento de dar el cultivo a los experimentos, cuando las plantas tenían una altura de entre 40 y 50 cm. El fósforo (P) se aplicó todo al momento de la siembra. Como fuente de nitrógeno se utilizó la urea y como fuente de fósforo el superfosfato triple de calcio.

**Densidad de siembra:** al momento de la siembra se aplicó una cantidad suficiente de semilla, una vez germinada ésta y con plántulas de 10 a 15 cm se hizo un aclareo para obtener las poblaciones indicadas en los tratamientos.

**Fechas de siembra y cosecha:** las fechas de siembra y cosecha en los tres ciclos de cultivo fueron: 15 de marzo, 20 de junio; 29 de julio, 15 de noviembre; y 15 de marzo, 25 de junio, para los ciclos P-88, O-88 y P-89, respectivamente.

#### **MATERIAL GENETICO**

**Experimentos P-88:** Se utilizaron tres genotipos de mijo perla: G1 Complejo Poblacional, que es una población lograda de la mezcla de 15 líneas seleccionadas para propósitos forrajeros e introducidos del ICRISAT (India), y los cultivares G2 Tifleaf y G3 3-Mil-X que fueron proporcionados por el INIA-SARH de Torreón, Coahuila.

**Experimentos O-88.** Se utilizó el Complejo Poblacional, Tifleaf, 3-Mil-X y una variedad de sorgo forrajero común en la región (Beefbuilder).

**Experimentos P-89.** Se sembró el Complejo Poblacional, una variedad de mijo perla importada de los EUA (Graze King), y un cultivar de zacate Sudán (Sugar Supreme).

**Variables medidas.**

La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos separados a cada 70 cm teniendo éstos una longitud de 5 m. La parcela útil, que fué de donde se obtuvo la información, estuvo constituida por los dos surcos centrales y restando 1 m de cada cabecera de la parcela. De ésta unidad útil se seleccionaron 10 plantas al azar de las cuales se derivó la información mencionada.

Las variables agrobiológicas presentadas se midieron al momento de la cosecha. La fecha de corte fue determinada cuando el grano tenía la consistencia lechoso-masoso. Las variables medidas fueron: altura (A, cm), diámetro del tallo (D, cm), número de hojas (NHo), número de hijuelos (NHi), y número de entrenudos (NE) del tallo principal; tasa hoja-tallo (H/T), rendimiento de materia verde (RMV, t/ha), rendimiento de materia seca (RMS, t/ha). Estas mediciones se hicieron a 10 plantas de cada parcela útil instalada como tratamiento y haciendo extensiva la medición a las cuatro repeticiones.

La calidad nutritiva del forraje fue evaluada en base a las siguientes determinaciones:

Tipo de Análisis	Símbolo	Método
Ceniza	C	Proximal (AOAC 1975)
Proteína cuda	PC	Kjeldahl (AOAC 1975)
Fibra neutro detergente	FND	Goering y Van Soest (1970)
Fibra ácido detergente	FAD	Goering y Van Soest (1970)
Lignina	L	Goering y Van Soest (1970)
Calcio	Ca	AOAC (1975)
Fósforo	P	AOAC (1975)
Digestibilidad in vitro de la materia seca	DIVMS	Tilley y Terry (1963)
Digestibilidad in vitro de la materia orgánica	DIVMO	Tilley y Terry (1963)



Los análisis de calidad nutritiva se hicieron a partir de muestras compuestas de cada tratamiento y experimento. Las plantas se tomaron de las parcelas útiles de las cuatro repeticiones de cada tratamiento y experimento. Dos de las diez plantas medidas, aquellas que más se aproximaban a la media en peso seco, se tomaron de cada repetición y se prepararon para los análisis de calidad nutrimental, se mezclaron, y de ahí se tomó la muestra compuesta representativa del tratamiento.

### Diseño experimental.

El diseño experimental al que se sometieron los tratamientos fue el de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, en donde las parcelas grandes fueron las tres diferentes densidades de población (100,000, 175,000 y 250,000 plantas/ha), las parcelas chicas fueron una combinación factorial de genotipos por niveles de nitrógeno (0-100 kg N/ha). Los tratamientos se repitieron cuatro veces.

Para la presentación de los resultados, los seis experimentos se analizaron primero en forma individual y finalmente se hizo un análisis combinado de acuerdo a los modelos que se indican. Lo anterior permitió analizar además de los efectos de los tratamientos individuales, los efectos de disponibilidad de agua, ciclo de siembra y todas las interacciones de los factores estudiados. Lo anterior fue posible en virtud de que se hicieron los mismos tratamientos y diseños, y que únicamente estaban divididos los experimentos en el espacio y en el tiempo.

### Modelo matemático para los análisis individuales.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + E(a)_{ij} + F_k + (PF)_{jk} + E(b)_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$B_i$  = Efecto de Bloque i

$P_j$  = Efecto de población j

$E(a)_{ij}$  = Error (a) [BxP] Error de parcela

$F_k$  = Tratamientos (Comb.fact:Gen x Fert):  
Efecto del tratamiento k

$(PF)_{jk}$  = Interacción (PxP)

$E(b)_{ijk}$  = Error (b): (Error de subparcela)

Comb.Fact.

F1=  $F_0 G_1$

F2=  $F_0 G_2$

F3=  $F_0 G_3$

F4=  $F_0 G_4$

F5=  $F_1 G_1$

F6=  $F_1 G_2$

F7=  $F_1 G_3$

F8=  $F_1 G_4$

**Modelo matemático del análisis combinado.**

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + R(E)_{ji} + P_k + EP_{ik} + E(a)_{ijk} + T_l + PT_{kl} + ET_{il} + EPT_{ikl} + E(b)_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$E_i$  = Efecto de experimentos

$R(E)_{ji}$  = Efecto anidado de repeticiones dentro del experimento

$P_k$  = Efecto de población

$EP_{ik}$  = Interacción de experimentos por población

$E(a)_{ijk}$  = Error (a)

$T_l$  = Efecto de los tratamientos (F, G, F x G)

$PT_{kl}$  = Interacción población-tratamientos (PF, PG, PFG)

$ET_{il}$  = Interacción experimento-tratamiento (EF, EG, EFG)

$EPT_{ikl}$  = Interacción experimento-población-tratamiento (PFE, PGE, PFGE)

$E(b)_{ijkl}$  = Error (b)

**Modelos de predicción para el RMS y calidad nutricional.**

Se hicieron regresiones múltiples para la predicción del RMS y la calidad nutricional utilizando como variables independientes las variables biológicas medidas. Se utilizó el "Step wise procedure" para estimar la mejor ecuación de regresión para la predicción del RMS (Draper y Smith 1966). Estas regresiones se hicieron en forma general para los cultivares de mijo que se probaron en cada experimento, y en forma individual para cada cultivar, en cada prueba que se realizó. A continuación se identifican las variables utilizadas en los modelos de regresión que aparecen en las Tablas 19-21.

X01 Altura	X11 Ceniza, %
X02 Diámetro tallo principal	X12 Proteína, %
X03 No.hojas tallo principal	X13 Fibra Neutro Detergente, %
X04 No. hijuelos	X14 Fibra Acido Detergente, %
X05 No. entrenudos	X15 Lignina, %
X06 Tasa hoja-tallo	X16 Calcio, %
X07 RMV, t/ha	X17 Fósforo, %
X08 RMS, t/ha	X18 DIVMS, %
X09 Materia seca, %	X19 DIVMO, %
X10 Materia orgánica, %	

***Análisis estadístico de la calidad nutricional del forraje.***

Se computaron correlaciones entre los componentes nutricionales del forraje, y de éstos con las variables biológicas. Estas correlaciones se hicieron en forma general para los cultivares de mijo que se probaron en cada experimento, y en forma individual para cada cultivar, en cada prueba que se realizó.



## RESULTADOS

Con los resultados obtenidos de los seis experimentos (Tablas 3-5) se hicieron análisis de varianza combinados para ver los efectos de la disponibilidad de humedad y épocas de siembra sobre los tratamientos aplicados (Tablas 6-13). En la sección de Tablas se anexa la información analizada de cada experimento (Tablas 22-33), y los análisis de varianza (Tablas 34-39) correspondientes.

### **Variables agrobiológicas.**

#### Altura del tallo principal.

Hubo diferencias ( $P < 0.01$ ) en la altura entre los genotipos probados (Tabla 6), aunque su comportamiento fué afectado por la disponibilidad de humedad y la aplicación de nitrógeno. Las excepciones fueron los experimentos de Otoño, en que también la densidad de siembra interactuó con los factores ya mencionados ( $P < 0.01$ ).

De los mijos, el Complejo Poblacional fué el que alcanzó la mayor altura en cinco de los seis experimentos, la excepción fué P-88 T (Tablas 22-32). Tanto el sorgo como el zacate Sudán probados en O-88 y P-89 superaron en altura a todos los mijos ( $P < 0.05$ ; Tablas 36-39).

La altura de la planta tuvo una tendencia ascendente por efecto de la menor distancia entre plantas; la fertilización nitrogenada tuvo poco efecto sobre ésta variable y la diferencia más evidente fué el desarrollo diferencial de los genotipos en ésta variable.

### Diámetro del tallo principal.

Se observó cierta consistencia en los efectos de los tratamientos sobre el diámetro del tallo. Hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) entre genotipos aunque interaccionaron consistentemente con la aplicación de N (P-88;  $P < 0.01$ ), con la densidad de siembra (O-88;  $P < 0.01$ ) y con la disponibilidad de humedad (P-89, P88 vs P89 R y T;  $P < 0.01$ ).

En forma general, de los mijos probados, el Complejo Poblacional desarrolló el mayor grosor de tallo, aunque en los experimentos donde se sembró sorgo y zacate Sudán éstos fueron superiores al mijo en ésta característica (Tablas 22-32).

La distancia entre plantas, en forma general, poco afectó el diámetro del tallo, sin embargo la fertilización lo incrementó (Tablas 22-32).

### Número de hojas.

Hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) en el número de hojas entre los genotipos estudiados, aunque su número varió dependiendo de la disponibilidad de agua (P-88), la fertilización (P-88; P-89), la densidad de siembra (O-88), y la época de cultivo (P-88 vs P-89 R y T; Tabla 8).

En forma general los efectos de la densidad de siembra sobre el número de hojas fueron consistentes, mostrado esto, por la no significancia de ésta variable en las condiciones de riego y temporal. También hubo consistencia en el comportamiento de los genotipos tanto para las condiciones de riego como para temporal, sin embargo la interacción G x F fué muy consistente y altamente significativa (Tabla 8). Los genotipos respondieron en forma diferente dependiendo del ambiente que se les proporcionó, ya sea bajo condiciones de riego (P-88), las diferentes poblaciones de

plantas probadas (O-88), la fertilización (P-89), o la época de siembra (P-88 vs P-89 R y T). Estas diferencias en los ambientes afectaron el desarrollo de las hojas.

La tendencia general del efecto de la población de plantas sobre el número de hojas del tallo principal fué el de incrementarlas, mientras que con la fertilización nitrogenada el número permaneció constante (Tabla 60).

#### Número de hijuelos.

El desarrollo de hijuelos fué diferente en los genotipos y su número fué afectado en forma general por la disponibilidad de humedad, la fertilización nitrogenada, y la época de siembra.

La población de plantas, en forma consistente, no tuvo efecto ( $P < 0.05$ ) en la producción de los hijuelos en todos los análisis combinados (Tabla 9). Hubo diferencia en su número entre genotipos, aunque su producción dependió de si éstos eran fertilizados, regados, sembrados a diferentes distancias, o en diferentes ciclos de cultivo. En el ciclo Primavera 1989 no hubo ningún factor o interacción que haya afectado a la producción de hijuelos.

La menor distancia entre plantas, en forma general a través de los tratamientos, redujo el número de hijuelos en igual magnitud bajo condiciones de riego o de temporal. Por el contrario, la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementó el número de estos; éste efecto fué más evidente bajo condiciones de riego que bajo condiciones de temporal, y también fué diferente en los ciclos de cultivo (Tabla 60).

#### Número de entrenudos.

El número de entrenudos dependió del genotipo de la planta y de los demás



factores estudiados que interactuaron para ver manifestado éste caracter. En general hubo consistencia en los efectos de la disponibilidad de agua, afectándolo positivamente. La densidad de siembra no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) sobre el número de entrenudos. La interacción E x F x G fué consistente y significativa en todas las comparaciones, además con las densidades de siembra en el ciclo de Otoño (Tabla 10).

#### Tasa hoja-tallo.

Hubo diferencia en la tasa hoja-tallo bajo condiciones de riego y temporal, y bajo la misma condición en ciclos de cultivo diferentes ( $P < 0.05$ ; Tabla 11). En forma general hubo consistencia en el mínimo efecto ( $P > 0.05$ ) que tuvo la densidad de siembra sobre ésta variable; sin embargo hubo diferencias ( $P < 0.01$ ) bien marcadas en los genotipos, aunque su comportamiento dependió de la disponibilidad de agua y de la fertilización nitrogenada. La interacción E x F x G se mantuvo consistente aún en las mismas condiciones de humedad en los diferentes ciclos de cultivo. El experimento de otoño no mostró ningún efecto de los tratamientos para éste caracter ni para las interacciones entre éstos.

De manera global tanto la mayor población de plantas como la fertilización nitrogenada tuvieron efectos positivos sobre la tasa hoja-tallo. La tendencia positiva de ésta variable estudiada fué más significativa bajo condiciones de temporal que bajo condiciones de riego. El efecto de la fertilización nitrogenada sobre H/T fué positivo, aunque como en el caso anterior, su efecto más estimulante fué bajo condiciones de temporal que bajo riego. La época de cultivo afectó la tasa H/T, siendo en P-89 donde hubo la mejor respuesta (Tabla 60).

### Rendimiento de materia verde.

En forma general se vió que los efectos de la densidad de siembra fueron consistentes no habiendo resultados significativos en el rendimiento de materia verde en las condiciones de riego y temporal, siendo sólo significativo en el ciclo Primavera 1989. Hubo consistencia en el comportamiento de los genotipos, tanto bajo condiciones de riego, como de temporal (Tabla 12), sin embargo la interacción E x F x G fué significativa en casi todos los casos. La población de plantas también interaccionó con la disponibilidad de agua y los factores mencionados en la manifestación del potencial productivo de forraje verde (O-89, P-89).

La tendencia general del RMV y de la fertilización nitrogenada fué la de incrementarse con la mayor densidad de siembra y con la aplicación de nitrógeno. También la respuesta fué más favorable bajo condiciones de riego que en temporal, y la respuesta fué diferente dependiendo del ciclo de cultivo (Tabla 60).

### Rendimiento de materia seca.

En forma general se encontró que los efectos de la densidad de siembra fueron consistentes, no habiendo resultados significativos en las condiciones de riego y temporal; la excepción fué el ciclo Primavera 1989 ( $P < 0.05$ ). Hubo consistencia en el comportamiento de los genotipos, tanto bajo condiciones de riego como para temporal, sin embargo la interacción G x F x E fué significativa para casi todos los análisis combinados (Tabla 13).

El RMS en general tuvo la tendencia a incrementarse con la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada (Tabla 60), tanto bajo condiciones de riego como

de temporal. La fertilización nitrogenada afectó positivamente el rendimiento, pero éste efecto fué diferente dependiendo del ciclo de cultivo.

### **Variables nutricionales.**

#### Ceniza.

El contenido de ceniza tuvo la tendencia a incrementarse a medida que aumentó la población de plantas y también con la aplicación de nitrógeno (Tablas 60), bajo condiciones de riego y temporal. Se hizo notar alguna diferencia en el contenido de ceniza entre épocas de cultivo. Su contenido varió también entre los diferentes genotipos.

#### Proteína cruda.

El contenido de PC disminuyó en forma general con la menor distancia entre plantas e incrementó con la aplicación del nitrógeno (Tablas 60). El decremento de PC fue más evidente bajo condiciones de riego que bajo condiciones de temporal en las diferentes densidades de siembra. La aplicación de nitrógeno incrementó positivamente el contenido de PC, siendo éste efecto más marcado bajo condiciones de temporal que bajo riego. La época de siembra parece no haber afectado el contenido de PC del forraje.

#### Fibra neutro detergente.

El contenido de FND fué afectado negativamente con la disminución de la distancia entre plantas y aparentemente no fué afectado con la fertilización nitrogenada. Bajo condiciones de riego hubo un efecto depresivo en su contenido, mientras que bajo condiciones de temporal su contenido tendió a incrementarse. El contenido



de FND fué menor en los ciclos de Primavera que en el del Otoño (Tabla 60).

#### Fibra ácido detergente.

El contenido de FAD tendió, en forma general, a incrementarse con las mayores densidades de siembra, y disminuyó con la aplicación de nitrógeno; éste efecto fué consistente bajo las diferentes densidades de siembra y condiciones de humedad (Tabla 60), aunque su comportamiento fué diferente durante los ciclos de cultivo.

#### Lignina.

Tanto la aplicación de nitrógeno como el aumento en la dosis de siembra tuvieron un efecto depresor en el contenido de lignina en el forraje (Tabla 60). Estos efectos y tendencias fueron consistentes bajo condiciones de riego como bajo temporal en los diferentes ciclos de cultivo.

#### Contenido de calcio.

El contenido de Ca fue afectado negativamente con el incremento de la población, y positivamente con la fertilización nitrogenada. Bajo condiciones de riego, a medida que incrementó la población de plantas el contenido de Ca disminuyó. Por el contrario, por efecto de la fertilización nitrogenada, éste contenido se incrementó más bajo condiciones de riego, que bajo condiciones de temporal (Tablas 60).

#### Digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

Por efecto del incremento de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada se incrementó la DIVMO. Hubo consistencia de éste efecto bajo condiciones de riego y temporal y en todas los ciclos de cultivo (Tabla 60).

### **Relación funcional entre el contenido de nutrientes y los componentes biológicos.**

Se observaron correlaciones significativas entre los componentes biológicos y el valor nutricional del forraje (Tablas 40-59). La proteína cruda se correlacionó negativamente con la altura, número de hojas, número de entrenudos, FND, FAD, y lignina; y en forma positiva con el contenido de calcio, fósforo, DIVMS, y DIVMO. La DIVMO se correlacionó positivamente con la altura, número de hojas, número de hijuelos, contenido de proteína cruda, y calcio; y en forma negativa con el contenido de FND y FAD. Estos coeficientes tomaron diferente valor y significancia (Tablas 18) dependiendo del genotipo y del ambiente en que se cultivaron las plantas.

### **Correlación entre los componentes biológicos y el rendimiento.**

El rendimiento de forraje verde y seco del mijo perla estuvo asociado en forma consistente con la altura, número de hojas, número de hijuelos, número de entrenudos y diámetro del tallo. También éstos componentes estuvieron correlacionados entre sí. Los coeficientes variaron entre cultivares, condiciones hídricas y ciclos de cultivo (Tabla 18). e.g. el valor de "r" para RMS y altura de la planta en el complejo poblacional fué de 0.788, 0.190 y 0.068 y 0.812, 0.082 y 0.736 para P-88, O-88 y P-89 bajo condiciones de riego y temporal, respectivamente. En forma general, para los genotipos de mijo, las variables más correlacionadas con el RMS fueron la altura y el número de entrenudos, bajo condiciones de riego, y el diámetro y la altura del tallo principal, bajo condiciones de temporal (Tabla 18).

### **Modelos de predicción para el RMS y calidad nutricional.**

Se hicieron regresiones considerando las variables biológicas estudiadas sobre

el rendimiento de materia seca (RMS) producida por hectárea. Se utilizó el "Stepwise selection procedure" para la inclusión de aquellas variables más correlacionadas con la variable dependiente en el modelo (Draper y Smith, 1966). Las variables incluídas fueron la altura, diámetro del tallo, número de hojas, número de hijuelos, y número de entrenudos del tallo principal; la tasa hoja tallo, RMV/h<sup>2</sup>, y RMS/ha. Estas variables fueron identificadas de X01 a X08, en ese mismo orden; siendo X08 la variable dependiente. En la sección de Tablas se presentan los modelos desarrollados para el mijo perla en cada uno de los ciclos de cultivo y condiciones de humedad (Tabla 19), y los modelos individuales por genotipo, ciclo de cultivo y condiciones de humedad (Tabla 20).

De la Tabla 19 se puede concluir que los valores de  $R^2$  fueron más altos bajo condiciones de temporal que bajo condiciones de riego; que la variable más correlacionada con el RMS fue el RMV, y de ahí en orden decreciente estuvieron el grosor del tallo principal, el número de hojas, y la tasa H/T. El número de hijuelos y entrenudos solo aparecieron una sola vez en cada uno en los modelos de predicción.

Bajo condiciones de temporal la tasa H/T tuvo importancia en su contribución al RMS, mientras que bajo condiciones de riego ésta fue para el diámetro del tallo principal.

Las regresiones individuales por experimento y genotipo probado (Tabla 39) mostraron la consistencia del RMV como predictor del RMS. Los valores de  $R^2$  variaron de 0.9441 para el Complejo Poblacional, bajo condiciones de riego, a 0.3316 para el Tifleaf, bajo condiciones de temporal. Hubo diferencias en las contribuciones



que hicieron las variables a la predicción del RMS, pues mientras que para el Complejo Poblacional el RMV, la tasa H/T, el grosor del tallo, el número de hojas, y el número de entrenudos contribuyeron en la predicción del RMS, en el Tifleaf únicamente el RMV, el número de hojas, y la altura del tallo principal tuvieron importancia.

Utilizando el mismo criterio mencionado en el apartado anterior se hicieron regresiones sobre el contenido de PC y DIVMO. las variables incluidas fueron las biológicas y de calidad ya mencionadas. Los modelos de predicción para el contenido de PC y DIVMO se presentan en la Tabla 21. De ésta Tabla se puede concluir, en forma general, que las variables con mayor valor predictivo del contenido de PC fueron, en forma positiva, el RMV, diámetro del tallo, y contenido de P; y, en forma negativa, el contenido de ceniza, FAD, altura y número de hojas de la planta.

Para la DIVMO las variables que en forma positiva tuvieron mayor valor predictivo fueron la DIVMS, FND, PC, y la tasa hoja-tallo; y, en forma negativa, el número de entrenudos, contenido de lignina, diámetro del tallo, RMV, y RMS.

El valor predictivo de las variables varió dependiendo de las condiciones de humedad en que estuvieron los cultivos, y de la época de siembra.

## DISCUSION

El mijo perla es un cultivo de introducción muy reciente a México. Los antecedentes de ésta especie en el país se señalan en la revisión de literatura de ésta tesis e indican que se adapta bien y produce en las condiciones ecológicas del noreste. Las investigaciones nacionales han tratado primordialmente de conocer al cultivo y, sobre todo, conocer su potencialidad en cuanto al rendimiento de forraje. Hasta la fecha se conoce muy poco de investigaciones sistemáticas que traten de conocer: cómo el ambiente afecta el rendimiento, la composición química y el valor nutritivo de esta planta como forraje. A nivel mundial ésta especie se ha investigado más en su lugar de origen; éstos estudios han sido enfocados principalmente hacia un solo objetivo, la producción de grano. Se ha reconocido, principalmente en otros países fuera de su lugar de origen, la potencialidad de ésta especie para la producción de forraje, por su rendimiento, calidad, y aceptación por el ganado; sin embargo éstas investigaciones se han realizado en una forma aislada. Poco se ha realizado en cuanto a correlacionar los factores y las condiciones agrobiológicas que influyen en la producción y el comportamiento final de los animales.

En un cultivo de introducción muy reciente, en un ambiente un tanto diferente al de su lugar de origen es importante conocer su comportamiento y agresividad para poder producir bajo diferentes condiciones. Para tener una idea de la producción potencial que un cultivo puede dar en una situación particular, es necesario tener conocimiento del suelo y de las relaciones de crecimiento de las plantas, y poder caracterizar un ambiente óptimo en una planta particular para lograr los objetivos deseados. Las limitaciones por inadecuada nutrición de las plantas y la influencia de

las características del suelo sobre la producción ha sido reconocida y estudiada por décadas (Millar *et al.*, 1958; Bonner y Galston, 1961; Daubenmire, 1974; Mays, 1974). Más recientemente, la importancia de las interrelaciones entre las características de las plantas y la población, humedad, fertilidad del suelo, temperatura, fotoperíodo, y muchas otras variables que pueden influenciar el rendimiento y la calidad del forraje se ha reconocido (Youngquist, 1989; Lee *et al.*, 1989; Muchow, 1989; Saleem, 1988). Muchos factores son importantes por su influencia, sin embargo todos los efectos combinados del ambiente sobre las características de las plantas, parámetros climáticos, y propiedades del suelo son finalmente expresados en la respuesta productiva de un cultivo (Fribourg *et al.*, 1975; Huda *et al.*, 1984; Subramanian *et al.*, 1988). Esta investigación pretendió estudiar los diferentes factores que influyen en la productividad y el valor nutritivo del mijo perla como alimento para el ganado.

#### **Densidad de siembra.**

Los resultados obtenidos en éste estudio coinciden con los obtenidos por otros investigadores (Medeiros *et al.*, 1978; Lee y Kim, 1980; Azam-Ali *et al.*, 1984b; Farias *et al.*, 1983; Gill y Saini, 1984) quienes no obtuvieron respuesta en el rendimiento de forraje, RMV y RMS, con las densidades de siembra más altas en el mijo perla para propósitos forrajeros. Sin embargo, éstos resultados contrastan con los obtenidos por otros investigadores quienes con las densidades de siembra más altas han obtenido los mayores rendimientos de forraje (Umrani *et al.*, 1982b; Umrani *et al.*, 1983; Stephenson y Posler, 1984; Youngquist, 1989), y de grano (Umrani *et al.*, 1983; Malik y Sharma, 1984).

Algunos investigadores han señalado (Robles, 1976) que es importante conside-



rar la disponibilidad de humedad en la determinación de la densidad de siembra a usar, pues en condiciones adecuadas de humedad y temperaturas frescas se han obtenido mayores rendimientos con densidades altas (736 000 plantas/ha), sin embargo bajo condiciones calientes y secas el mayor rendimiento se ha obtenido con las densidades más bajas (185 000 plantas). En este estudio se obtuvieron resultados contrastantes, pues si bien hubo diferencias significativas en el rendimiento bajo condiciones de riego y de temporal, no las hubo al incrementarse la densidad de siembra, bajo ninguna de las dos condiciones de humedad probadas. Tomar *et al.*, (1985) han señalado la necesidad de establecer los niveles óptimos de población de plantas por hectárea de mijo perla para propósitos forrajeros, para poder lograr una producción máxima del cultivo. Lo anterior se hace difícil por el hábito de ahijamiento de la especie, que es muy variable y difícil de conocer y modelar debido a los efectos que tiene la temperatura, el fotoperíodo, y los hábitos de los genotipos que se estudien (Huda *et al.*, 1984). El número de hijuelos por planta en ésta investigación varió significativamente entre los diferentes genotipos, y su número fue afectado (Tabla 9) por la disponibilidad de humedad, la fertilización nitrogenada, y la época de siembra (Tablas 3-5).

Los efectos que tienen las mayores densidades de siembra sobre la morfología y la calidad del forraje han sido descritos en algunos textos (Hughes *et al.*, 1951; Robles, 1976), y éstos efectos se manifestaron en un menor grosor de los tallos, rendimiento variable en el rebrote y en la producción de hijuelos, mayor altura en densidades altas y menor altura en densidades bajas; mayor palatabilidad y calidad del forraje,

menor desperdicio, menor problema de malezas, y mayor rendimiento. Aswathaiah, (1979) ha reportado que el espaciamiento más amplio ha inducido a una floración más temprana. Algunos de éstos efectos se pudieron observar en este estudio. La densidad de siembra no afectó estadísticamente a la altura y grosor del tallo principal; aunque se observó una tendencia ascendente por efecto de la menor distancia entre plantas. Estos mismos resultados se observaron para el número de hojas del tallo principal. Hubo consistencia por el mínimo efecto que tuvieron las densidades probadas ( $P > 0.05$ ; Tabla 11) sobre la tasa H/T, aunque ésta variable fue mayor bajo condiciones de temporal que bajo condiciones de riego. Lo anterior pareció ser debido al poco desarrollo de los tallos, con respecto al follaje, bajo condiciones de estrés hídrico.

La densidad de siembra en el presente estudio, en forma consistente, no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) en la producción de hijuelos, aunque en forma general se pudo observar que a mayor población de plantas se redujo el número de hijuelos, tanto bajo condiciones de riego como de temporal. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Aswathaiah (1979) quien ha reportado que con espaciamientos más amplios entre plantas se ha incrementado el número de hijuelos en el mijo perla. La falta de respuesta a las dosis de siembra en algunos trabajos que se han realizado, ha sido explicada en base a el efecto compensatorio debido al incremento del número de panículas de hijuelos efectivos que se desarrollaron por la menor densidad de siembra (Youngquist, 1989); y a la mayor sobrevivencia de éstos (Azam-Ali *et al.*, 1984a). Esta explicación es válida para éste estudio ya que las estimaciones mayores en el número

de hijuelos a mayores distancias entre plantas existieron; por lo tanto, éstos resultados explican la falta de respuesta en las comparaciones realizadas en los tres ciclos de cultivo y bajo condiciones de riego y temporal. El número de hijuelos también se ha visto que se incrementa cuando la altura alcanzada por las plantas es menor de lo normal (Stephenson y Posler, 1984). Esta correlación negativa entre la altura y el número de hijuelos se pudo estimar en el Complejo Poblacional y el Tifleaf, pero fue en sentido contrario para el cultivar 3-Mil-X.

Los espaciamientos entre las plantas también influyeron en la toma de los nutrientes, y por lo tanto en la calidad del forraje. Lo anterior aparentemente debido a la capacidad genética de éstas para la toma de los nutrientes, capacidad que se relaciona con el desarrollo radicular y de la parte aérea de la planta, especialmente el follaje. En éste proceso la competencia entre las plantas i.e. su población, juega un papel importante, tanto por afectar su desarrollo como su contenido de nutrientes. La toma de N y P ha probado ser significativamente más alta bajo densidades de siembra medias (150 000 plantas/ha), que sobre los espaciamientos angostos y amplios (Malik y Sharma, 1984). Otra situación es que a densidades menores se producen plantas más bajas, densas, y pesadas que las sembradas a densidades altas (Hamed y Mohamed, 1987). Estos dos hechos se pudieron corroborar en éste estudio (Tabla 60), y en gran parte explica el efecto compensatorio en la producción de forraje y aporte de nutrientes que fue similar bajo diferentes densidades de siembra. Lo anterior parece tener relación con el mayor espacio aéreo y radicular, así como con la radiación interceptada que influye con el incremento de MS en la planta, así como



en la toma diferencial de los nutrientes. Azam-Ali et al. (1984a) señalan que las plantas en surcos más anchos tuvieron raíces en menor número, pero con mayor profundidad. Asimismo el uso del agua por unidad de MS producida fue similar para los espaciamientos medio y angosto, pero el agua fue más eficientemente utilizada en el espaciamiento amplio (Azam-Ali et al., 1984b). Lo anterior podría explicar la compensación en el uso del agua que a diferentes espaciamientos ocurrió, tanto bajo condiciones de riego como de temporal.

En el sorgo la menor densidad de siembra ha causado un incremento en el número y grosor de los hijuelos, disminución de la altura, RMS, y un incremento de la tasa H/T. Asimismo la FND y la lignina declinaron linealmente con el incremento en la distancia entre plantas. Lo opuesto sucedió con la DIVMS y el contenido de N (Caravetta et al., 1987). En el maíz se ha estudiado el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje, y se encontró que el incremento de la tasa de siembra aumentó el RMS, pero disminuyó el contenido porcentual de los nutrientes (Alexander et al., 1963).

El autor no conoce acerca de investigaciones que se hayan realizado con el objetivo de conocer las implicaciones que tiene la densidad de siembra sobre la calidad del forraje en el mijo perla. Medeiros et al. (1978) solo menciona que no encontró diferencias en el contenido de PC en cuatro densidades de siembra que él probó. Los resultados de la presente investigación muestran que las tendencias que se apreciaron con el incremento de la densidad de siembra fueron las de un aumento en el contenido de ceniza, FAD, DIVMS, DIVMO, y una disminución en los porcen-

tajes de proteína, FND, lignina, y calcio. De acuerdo a esta información podemos concluir que la distancia entre plantas no tan solo afecta la morfología, fisiología, y comportamiento de las plantas, sino su calidad, contenido de nutrientes, y el aprovechamiento de éstos por el animal. Sobre este aspecto es conveniente incluir en los programas de mejoramiento genético y de producción de forrajes la valoración de la calidad alimenticia y el manejo de los materiales producidos. No solo la genética de la planta es importante, sino que la manipulación del ambiente puede ayudarnos a lograr nuestros objetivos de producir alimentos de una mejor calidad nutricional y aceptación por los animales, para intensificar la producción.

#### **Fertilización nitrogenada.**

La aplicación de 100 kg N/ha, en general, no tuvo efecto en el rendimiento de forraje, excepto en el experimento P-89 T. Estos resultados son similares a aquellos reportados por otros investigadores (Bhatti y Gandapur, 1977; Lee y Kim, 1980; Farías *et al.*, 1983), pero contrastan con otros estudios en donde la aplicación de N incrementó el rendimiento de forraje de mijo perla (Katoria *et al.*, 1981; Rana y Malik, 1981; Siag y Bhargava, 1981; Taneja *et al.*, 1981; Theodorides, 1981; Alagaraswamy y Bidinger, 1982; Bagchi, 1982; Bhaskar, 1982; Umrani *et al.*, 1982b y 1983; Dahiya y Singh, 1984; Singh, 1985; Blewett, 1986; Oswal *et al.*, 1989), aunque con dosis mayores a las que se utilizaron en estos trabajos (Medeiros *et al.*, 1978; Dunavin, 1980; Lal, 1980; Kaushik y Pal, 1982; Singh, 1983; Park *et al.*, 1988; Sharar *et al.*, 1988; Choi *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1989). En éste estudio la consistencia en la interacción E x F x G para el RMS parece indicar que la respuesta de los genotipos dependió de la fertili-



zación nitrogenada, de la disponibilidad de humedad, y de la época de siembra, como ya se refirió anteriormente. En el ciclo de otoño (Tabla 13), incluso la interacción incluyó a las poblaciones de plantas utilizadas. Lo anterior indica que el comportamiento de una variedad va a depender del ambiente que le proporcionemos, ambiente que siempre estará interactuando y fijando límites en la determinación de la producción y valor nutricional del forraje.

Se ha señalado (Rana y Malik, 1981; Kanwar *et al.*, 1984; Lahiri, 1982) que el beneficio de los fertilizantes es mayor en terrenos bien irrigados, y que el crecimiento vegetativo normal, más que el rendimiento de grano es más afectado por la aplicación de los fertilizantes; sin embargo, un beneficio que se obtiene por la fertilización nitrogenada es el de reducir los efectos adversos de la sequía sobre el rendimiento (Joshi, 1988). Algunos estudios realizados bajo condiciones de temporal han dado resultados positivos (Siag y Bhargava, 1981; Umrani *et al.*, 1982b y 1983), aunque utilizando dosis de N más bajas; por lo tanto ésta respuesta favorable de la fertilización nitrogenada va a depender de la precipitación que ocurra durante el desarrollo del cultivo (Singh, 1983).

Las variables biológicas estudiadas en ésta investigación no mostraron diferencias estadísticas significativas por la aplicación del N, en ningún experimento, aunque las tendencias generales fueron las de incrementar los caracteres agronómicos como el diámetro del tallo principal, número de hijuelos, tasa H/T, RMV, y RMS. Los resultados logrados difieren de los obtenidos por otros investigadores que han reportado mayor altura (Bhatti y Gandapur, 1977; Bhaskar, 1982; Kaushik y Pal, 1982), mayor



número de hijuelos (Bhatti y Gandapur, 1977; Aswathaiah, 1979; Miyagi, 1982a; Saleem, 1988), mayor peso de los hijuelos (Miyagi, 1982a); mayor número de hijuelos con panícula (Miyagi, 1982a; Munda *et al.*, 1983), mayor número de hojas por hijuelo, mayor índice de área foliar (Miyagi, 1982a), mayor tasa H/T (Lee y Kim, 1980), mayor rendimiento de grano (Taneja *et al.*, 1981; Kaushik y Pal, 1982; Umrani *et al.*, 1982a; Dahiya y Singh, 1984), y menor duración del cultivo (Bhatti y Gandapur, 1977), aunque en general en éstos estudios se mencionan las tendencias de las respuestas, más que diferencias estadísticas obtenidos por los tratamientos aplicados.

Por otra parte, se ha señalado que la eficiencia en el uso de la fertilización nitrogenada difiere entre genotipos, de tal manera que la respuesta llega a ser variable (Alagarswamy y Bidinger, 1982; Alagarswamy *et al.*, 1988; Blewett, 1986) entre los materiales que se prueban, como se pudo observar en este trabajo. Los genotipos más eficientes llegan a tener hojas con mayor grosor (Alagarswamy *et al.*, 1988); aunque por su mayor RMS tienen concentraciones más bajas de N (Blewett, 1986). También se ha demostrado que la eficiencia en el uso de N disminuye cuando la tasa de N aplicado se incrementa (Saleem, 1988). Además de la eficiencia en el uso del N por la planta, también es importante la capacidad de extracción, que algunos investigadores han señalado, es diferente entre los genotipos del mijo perla (Saini *et al.*, 1985). Parece ser que la fuente de N utilizada y las dosis tienen que ver con la respuesta agrobiológica (Dunavin, 1980; Chapman, 1984; Sánchez, 1989) del cultivo. En el estado de Nuevo León las investigaciones con fertilizantes nitrogenados en la producción de forrajes han dado resultados poco satisfactorios (Gallegos, 1983; García,

1985; Morales, 1985, Caballero y Pérez, 1986) debido a que el rendimiento de los cultivos no se ha incrementado significativamente a través de las dosis probadas, ni tampoco en el contenido de nitrógeno foliar. Las condiciones del suelo de la Estación Experimental de la FAUANL, y en general del estado, son característicamente pobres en materia orgánica, con alta concentración de carbonato de calcio, de textura arcillosa, y con altas proporciones de arcillas expandibles. Las condiciones climáticas y edáficas de la región influyen directamente en la dinámica del N, lo que permite inferir que el nitrógeno fertilizante aplicado es perdido en forma gaseosa, retenido por el suelo, o transformado a formas químicas no aprovechables para los cultivos (Sánchez, 1989), reduciendo con esto la eficiencia para incrementar la producción. Sánchez (1989) ha realizado una investigación exhaustiva acerca de la problemática de la fertilización nitrogenada en Nuevo León. Este investigador ha señalado que el RMS en el sorgo puede incrementarse en este tipo de suelos aplicando dosis bajas de sulfato de amonio, y que la urea por su hidrolización rápida y por las pérdidas altas de nitrógeno que ocurren en forma de amoníaco, no se recomienda, a no ser que se realicen prácticas agrícolas para reducir la velocidad con que se hidroliza. Lo anterior explica la falta de respuesta a la aplicación de nitrógeno en el rendimiento del forraje. Es necesario ampliar estas investigaciones para superar los problemas causados por los suelos calcareos del estado, de tal manera de encontrar las fuentes, dosis, y períodos de aplicación más apropiados para obtener la mejor productividad y calidad del forraje para la alimentación del ganado.

La fertilización afecta a la calidad alimenticia del forraje de muchas formas.



Algunos autores señalan que la toma total de N y P se incrementa con los niveles crecientes de aplicación de los dos nutrientes (Bagchi, 1982; Bhaskar, 1982; Singh, 1983; Malik y Sharma, 1984; Saini *et al.*, 1985). Como consecuencia de la fertilización nitrogenada se ha observado un aumento en el porcentaje de proteína del forraje (Medeiros *et al.*, 1978; Katoria *et al.*, 1981; Ngambi *et al.*, 1981; Rana y Malik, 1981; Bagchi, 1982; Bhaskar, 1982; Miyagi, 1982b; Sharar *et al.*, 1988), aumenta el contenido de proteína total producida por hectárea (Medeiros *et al.*, 1978; Lee y Kim, 1980), el contenido de NDT (Katoria *et al.*, 1981; Rana y Malik, 1981), y la digestibilidad (Miyagi, 1982b; Park *et al.*, 1988), lo anterior indicando el papel del N en el incremento del valor nutricional del forraje.

Por el contrario algunos de los nutrientes han sido reportados que disminuyen con la aplicación creciente de N, como el ELN y FC en las hojas y tallos con vaina; mientras que otros no cambian, como la ceniza. Las aplicaciones de N inducen una significativa disminución de la digestibilidad, contenido de celulosa, lignina, y sílica, pero incrementan el contenido de hemicelulosa (Miyagi, 1982b).

Los resultados obtenidos en ésta investigación coinciden en mucho con lo reportado en la literatura en cuanto al efecto de la fertilización sobre la calidad alimenticia del forraje, pues la aplicación del N incrementó en forma consistente el contenido de ceniza, PC, Ca, DIVMS, DIVMO; por el contrario ocasionó una disminución en la FAD y lignina en la planta completa. De lo anterior se concluye que si bien el rendimiento del forraje no se vió significativamente afectado con la fertilización, la calidad de éste sí se mejoró notablemente, esto expresado en los componentes



señalados anteriormente.

El mejoramiento de la calidad nutricional del forraje por efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado ha sido demostrado en éste estudio, y el impacto de éste hecho tiene una repercusión importante sobre la producción animal. Derivado de la anterior técnica está la posibilidad de poder obtener segundos o terceros cortes de éste cultivo, ya que la fertilización con N estimula el crecimiento y es posible obtener cortes más frecuentes y con forraje de mejor calidad (Waite, 1970). Otras ventajas de la aplicación del N es el mejoramiento de la digestibilidad de la MS (Noller y Rhykerd, 1974), como también ha sido demostrado en éste estudio, la preferencia (Reid *et al.*, 1967; McDonald, 1968; Marten, 1970), la palatabilidad (Bland y Dent, 1962; Reid *et al.* 1966 y 1967), el consumo (Cameron, 1966 y 1967), y la producción animal (Blaser, 1964; Browne, 1966 y 1967; Mott *et al.* 1971). Como se ha visto, el impacto de la fertilización en el mejoramiento de las cualidades nutricionales del forraje repercuten positivamente sobre la productividad animal.

### **Genotipos.**

Hubo consistencia en el efecto significativo de genotipo, en prácticamente los seis experimentos, para la gran mayoría de las variables estudiadas, i.e., altura, diámetro, número de hojas, número de entrenudos del tallo principal, número de hijuelos, tasa H/T, RMV, y RMS, lo que indicó variabilidad genética del material que se probó en este estudio. De los mijos utilizados, el Complejo Poblacional fue el que alcanzó la mayor altura, grosor del tallo principal, número de hojas, número de entrenudos, RMV, y RMS; sin embargo fue el que tuvo el menor número de hijuelos

y tasa H/T, comparado con 3-Mil-X y Tifleaf.

Los cultivares de mijo perla que se han desarrollado para la producción de forraje provienen principalmente de la India, Australia, y los Estados Unidos de Norteamérica. Algunas cualidades que se buscan en éstas variedades son sus altos rendimientos de MS y de PC. La altura, vigorosidad, y precosidad son también cualidades importantes, lo mismo que su capacidad de ahijamiento (Dua *et al.*, 1983), bajo el segundo corte.

Diferencias en el comportamiento agrobiológico y calidad nutricional en los genotipos de mijo perla con potencial forrajero, como las que en éste estudio se reportan, han sido señaladas por los investigadores (Bajpai *et al.*, 1981; Umrani *et al.*, 1982a; Blewett, 1986; Choi *et al.*, 1988; Maiti y López, 1986) en diferentes estudios. El porte o altura de la planta juega un papel importante en el RMV y RMS. Umrani *et al.* (1982a) atribuyeron el bajo rendimiento de forraje de una variedad mejorada, a su baja altura, comparada a una variedad local más alta, aunque lo contrario ocurrió para el rendimiento de grano. Otra situación es la calidad del forraje en relación a su altura; algunos autores han determinado que la calidad nutricional del forraje en plantas chaparras y altas es diferente (Hanna *et al.*, 1979). El forraje de las plantas chaparras tuvieron significativamente una más alta DIVMS que el forraje de variedades altas. Las plantas altas contenían niveles más altos de CNE (Carbohidratos no estructurales). Aunque los autores señalan que la incorporación del gene achaparrador ha llevado al mejoramiento de la DIVMS, sin embargo la tendencia al acamado se ha presentado; la mayor DIVMS de las plantas



chaparras fue explicado por el mayor porcentaje de área foliar de éstas, sin embargo el forraje de las plantas altas tuvo un contenido más alto de azúcares totales, indicando que el contenido de CNE no es responsable de la más alta calidad del forraje de las plantas chaparras (Monson *et al.*, 1977).

En la presente investigación al comparar los cultivares norteamericanos seleccionados expresamente para la producción de forraje, y de porte más pequeño, con el Complejo Poblacional que proviene de líneas colectadas en la India para cultivarse en doble propósito y de porte alto, se encontró que hubo diferencias a favor de los cultivares de porte bajo en los contenidos de ceniza, PC, FAD, Ca, P, y DIVMS; además tuvieron valores menores de FND, lignina y DIVMO, demostrando que aún cuando el rendimiento es un parámetro indicativo de la potencialidad de un forraje, sin embargo su contenido nutricional y digestibilidad es complementario a ésta característica.

#### **Epocas de siembra.**

Hubo efecto de la época de siembra en las diferentes variables biológicas estudiadas, tanto bajo condiciones de riego como de temporal (Tablas 14 y 15). Este efecto fue consistente para casi todas. Los resultados obtenidos en éste estudio coinciden con los observados por otros investigadores. El efecto de la época de siembra está relacionado con factores ambientales como la temperatura, el fotoperíodo, y algunas veces con la coincidencia de la temporada de lluvias; lo anterior tiene mucha influencia sobre el comportamiento y calidad de las plantas forrajeras. El mijo perla no es la excepción, tanto su comportamiento biológico como la calidad del



forraje se ve afectada por la época de siembra. Los fotoperíodos largos han causado mayor RMS (Begg y Burton, 1971; Sato, 1980; Mahalakshmi y Bidinger, 1985; Rao *et al.*, 1986), mayor altura de las plantas (Mahalakshmi y Bidinger, 1985), mayor número de hijuelos (Begg y Burton, 1971; Mahalakshmi y Bidinger, 1985), mayor peso de los hijuelos (Muldoon, 1985), mayor número de hojas del tallo principal (Begg y Burton, 1971; Mahalakshmi y Bidinger, 1985; Muldoon, 1985), mayor índice de área foliar (Mahalakshmi y Bidinger, 1985), y mayor rendimiento de grano. Por otra parte los días largos han ocasionado que líneas sensitivas al fotoperíodo fallaran en florear (Choi *et al.*, 1987); también se ha observado un retraso de la elevación de la yema apical (Muldoon, 1985), una característica que se cree benéfica para el rebrote. Hay diferencias en la fotosensitividad de los genotipos; de lo anterior se desprende que el control fotoperiódico de la floración a través de la fecha de siembra y selección de variedades a utilizar puede proveer un mecanismo para mejorar el rendimiento, las cualidades morfológicas de las plantas, y las cualidades alimenticias del forraje para el ganado doméstico.

Además de las temperaturas altas, también las temperaturas bajas ocasionan efectos en las plantas de mijo perla originando una menor tasa de aparición de las hojas, menor número de hijuelos producidos, y una menor acumulación de N (Sato, 1980; Maiti *et al.*, 1990). Este efecto se observó en ésta investigación (Tabla 3). El efecto de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo está bien documentado (Ong, 1983a, 1983b, y 1983c; Squire *et al.*, 1984). Ong y Monteith (1985) han demostrado que la tasa de crecimiento es proporcional a la radiación solar interceptada por

día, y la tasa de desarrollo es proporcional a la acumulación grados-día sobre una base de 10 °C. Posteriormente se han reportado diferencias genotípicas en la respuesta a la temperatura de algunos cultivos tropicales (Mohammed *et al.*, 1988). Las diferencias en el comportamiento del cultivo del mijo en diferentes épocas (Tablas 3 y 4), demuestran el efecto fototérmico asociado con la temperatura que disminuye en el otoño, y el número de horas luz que aumenta en esa misma estación.

La temperatura del suelo y ambiental también se ha visto que afecta la emergencia de las plántulas y la iniciación y el número de hojas e hijuelos. En primavera el inicio del crecimiento del cultivo fue más lento que en el ciclo de otoño, ésto se atribuyó a las bajas temperaturas prevalecientes y a la poca cantidad de luz disponible al cultivo. Algunos procesos fisiológicos se incrementan con la temperatura, pero la duración de las fases vegetativas parecen ser constantes en el mijo perla entre los 19 y 30 °C (Ong, 1983a). Temperaturas de 25 °C han estimulado un mayor crecimiento vegetativo (Sato, 1980). Singh *et al.* (1986) han obtenido una correlación alta entre la temperatura prevaleciente en el período de crecimiento, con la tasa de aparición del follaje. Mohamed *et al.* (1988) han estudiado algunos factores que afectan el crecimiento del mijo perla y observaron que éste fue más lento a 19 °C y más rápido a 31 °C. Se señala también que hubo diferencias entre genotipos respecto a su coeficiente de transmisión de la luz en las canopias, y en su eficiencia media de conversión energética. También se ha determinado que el índice de área foliar (IAF) se incrementa a una tasa constante y que es proporcional a la temperatura media, sobre una base de 10 °C (Squire *et al.*, 1984); los datos de éste estudio sugieren que



la tasa de crecimiento debe ser máxima a 25-27 °C, y el total de peso seco acumulado a 20-22 °C. Resultados similares han sido reportados por Yudina (1982). Todos éstos antecedentes sirven de apoyo a la hipótesis de que el rendimiento de forraje fue afectado por factores climáticos como la temperatura y el fotoperíodo. El cultivo sembrado durante el otoño recibió el óptimo de temperatura de alrededor de 30°C y los días más largos (>13 horas) para un óptimo crecimiento y rendimiento del forraje. Por el contrario las plantas que se sembraron en primavera recibieron en el inicio temperaturas más bajas, y posteriormente, durante su desarrollo final, temperaturas muy altas, reduciendo por éstas razones el rendimiento del forraje.

Algunos investigadores han estudiado fechas de siembra con el objetivo de encontrar el óptimo ambiente que aumente el rendimiento de forraje (Bajpai *et al.*, 1981; Moliterno, 1981; Srivastava y Singh, 1981). También se ha sugerido que la duración del cultivo parece estar asociado con el patrón de la distribución de la precipitación (Rao *et al.*, 1986); así, durante la estación lluviosa la mayoría de las 200 líneas florearón muy tarde y crecieron muy altas, mientras que la siembra posterior a las lluvias las líneas florearón temprano y crecieron poco, indicando lo anterior la sensibilidad fotoperiódica. Lo anterior parece ser un punto importante para ser estudiado, sin embargo en ésta investigación se apreció que aún cuando el agua no fue un factor limitante, hubo diferencias en el comportamiento y calidad del forraje producido por las diferentes variedades en los dos ciclos de cultivo (Tablas 3-5).

Algunos investigadores han probado un grán número de genotipos en diferentes sitios y fechas con el objetivo de conocer su estabilidad al ambiente y han encontrado



que algunas de éstas son muy estables al sembrarlas en diferentes fechas, ambientes y estaciones (Fribourg *et al.*, 1975; Shripal y Gupta, 1978; Gargano, 1980; Gupta *et al.*, 1980 y 1983; Shrivastava, 1982); sin embargo se han reportado interacciones entre el genotipo y el ambiente (Shripal y Gupta, 1978; Gupta *et al.*, 1983). Estas interacciones ocurren más frecuentemente para el número de hijuelos y longitud de panícula (Gupta y Phul, 1982), aunque su magnitud es imperceptible, por lo que algunos autores no las han podido detectar (Nwasike y Abed, 1981). Lo anterior se confirma en éste estudio (Tablas 3-13), pues la interacción de genotipo con el ambiente - fertilización, población de plantas, y disponibilidad de agua - fueron en su mayor parte significativas para casi todos los parámetros evaluados, lo que coincide con lo señalado por la literatura.

La manipulación de las fechas de siembra es una posibilidad para mejorar la producción y la calidad alimenticia del forraje en los ambientes semiáridos. Los regímenes variables de temperatura y radiación afectan la producción de biomasa, lo que parece estar asociado, más con las diferencias en la cantidad de radiación interceptada que con la eficiencia en el uso de esta radiación. Muchow (1989) ha señalado que la alta acumulación de biomasa está asociada con una larga duración del crecimiento. Además del rendimiento de forraje otras variables han sido mejoradas por efecto de seleccionar la fecha óptima de siembra tales son: la altura, número efectivo de hijuelos por planta, y la producción de grano (Shrivastava, 1982). Lo anterior debe tener repercusiones en la calidad del forraje producido, como lo ha mostrado Gargano (1980), quien ha estudiado el efecto de la fecha de siembra (30 octubre y 20 de

noviembre) y frecuencia de corte (50, 80 cm y floración) sobre la calidad del mijo perla y sorgo dulce cortado en las etapas y fechas señaladas. La DIVMS promedio de dos años fue de 69.4, 66.41; 63.35, 61.85; 49.55, 56.35, respectivamente. Estos valores para el sorgo fueron: 67.50, 73.17; 66.05, 64.00; 61.11, 60.36.

En este estudio se pudo demostrar que la época de siembra no solo afectó la morfo-fisiología de la planta y su rendimiento, sino que también afectó la composición química y la calidad nutricional del forraje (Tablas 30-36). Esta investigación ha confirmado algunos de los logros de investigadores anteriores que han demostrado que los cambios en temperatura y fotoperíodo afectan al crecimiento y desarrollo del mijo perla (Hart y Wells, 1965; Pearson, 1975). Este trabajo no intentó cuantificar la relación entre la temperatura y el fotoperíodo, pero los resultados (Tablas 3 y 4) en favor de la siembra de otoño en altura, diámetro del tallo, número de hojas, número de hijuelos (en el Complejo poblacional), rendimiento de materia verde y seca y digestibilidad de la materia orgánica existieron. Por el contrario hubo una disminución consistente en el contenido de ceniza, PC, FAD, Lignina, Ca, y P. Estos valores se mantuvieron estables bajo condiciones de riego o de temporal.

El rendimiento mayor en el otoño podría estar relacionado a una menor pérdida respiratoria en las noches frescas de esta época en oposición a lo ganado en la fotosíntesis durante el día. Esta situación es muy contradictoria a lo que sucede en la India (Maiti, comunicación personal) en donde la diferencia en la temperatura durante los meses de verano es pequeña y el fotoperíodo nunca excede las 12 horas. Maiti y Gómez (1990) han publicado que los rendimientos de cultivares sembrados



en México en el otoño han sido mucho más altos que los obtenidos con los mismos materiales en la India. El fotoperíodo largo ( $>13$  horas) y las mayores diferencias entre las temperaturas día-noche en México podrían explicar los mayores rendimientos del mijo perla comparados a los obtenidos en la India. La misma conclusión podría servirnos para explicar las diferencias en el rendimiento del ciclo de primavera y del otoño en éste estudio. Esta hipótesis necesita ser confirmada en investigaciones futuras, no tan solo para lograr rendimientos mayores, sino en función de la máxima aportación de alimentos de calidad óptima para la producción del ganado.

### **Riego**

La disponibilidad de humedad al cultivo a través del riego tuvo efectos significativos, en forma muy consistente, sobre las variables biológicas estudiadas como altura, diámetro, número de hojas, número de entrenudos del tallo principal, la tasa H/T, RMV, RMS; y tuvo un menor efecto y consistencia con el número de hijuelos.

La resistencia a la sequía del mijo perla lo hace un cultivo alimenticio importante en las regiones semiáridas y áridas. Este cultivo es considerado uno de los cereales más tolerantes a la carencia de agua, pero hasta la fecha, la investigación sobre su resistencia a la sequía o sus respuestas fisiológicas al estrés hídrico ha sido insuficiente.

La naturaleza de la resistencia a la sequía del mijo perla ha sido atribuída a su bien desarrollado sistema radicular. El crecimiento y desarrollo de la masa radicular está relacionada a la capacidad de producción de grano (Joshi, 1988). El riego ha causado un incremento en el número de ejes de raíz; sin embargo debido



a que éstos son gruesos y sin ramificaciones, la longitud total de ésta no es afectada. La irrigación ha causado que la mayor parte de la masa radicular esté en los primeros 20 cm del suelo; el rendimiento mayor de los tratamientos irrigados es atribuido a que más hijuelos sobrevivieron para producir grano (Gregory y Squire, 1979). Singh (1981) ha observado reducciones en el rendimiento de forraje y grano hasta de un 60 por ciento en los tratamientos no irrigados, con respecto a los que se regaron. Menciona éste autor que los genotipos de alto rendimiento fueron los que tuvieron la reducción máxima, bajo condiciones de temporal, y que ésta reducción estuvo relacionada al número de panículas producidas por los hijuelos maduros. En esta investigación reducciones en la producción de forraje de un 41, 32, y 26 por ciento fueron observadas en los genotipos Complejo poblacional, Tifleaf, y 3-Mil-X, respectivamente. Lo anterior confirma que el Complejo poblacional, que fue el que más biomasa produjo, fue el que tuvo la reducción mayor en el rendimiento, cuando fue cultivado bajo condiciones de temporal. Lo anterior se debió aparentemente a que el número de hijuelos y peso del tallo principal se redujo; no así el peso del follaje, evidenciándose esto en un sorprendente incremento de la tasa hoja-tallo que fue, para las condiciones de riego y temporal de 0.516, 1.029; 0.580, 1.432; 0.744, 1.153; para el Complejo Poblacional, Tifleaf y 3-Mil-X, respectivamente.

Otra característica del mijo perla es su mayor eficiencia en el uso del agua, comparada a otros cultivos como el sorgo y maíz (Maliwal *et al.*, 1988). Esta eficiencia se incrementa cuando el nivel de humedad es mayor (Saleem, 1988), y es diferente entre variedades (Misra y Nagarajrao, 1982), aunque no tuvo relación con el crecimi-

ento radicular, según los investigadores, debido a la excepcional precipitación que ocurrió durante el cultivo. Las evidencias anteriores podrían explicar las variaciones diferenciales en el RMS, y otras variables estudiadas, incluyendo la calidad alimenticia del forraje, que sufrieron los genotipos cuando fueron sometidos a dos ambientes de disponibilidad de humedad. Por otro lado en algunas investigaciones, la mayor capacidad de retención de la humedad del suelo ha resultado en rendimientos mayores en el mijo perla (Fribourg *et al.*, 1975). Estas cualidades que se han mencionado se complementan con la mejor capacidad de respuesta del cultivo cuando recibe, además del riego, la fertilización nitrogenada. Malik y Sharma (1984) y Reddy y Reddy (1988) han señalado que el efecto de la aplicación del N fue mejor bajo condiciones de riego, y que la extracción de nutrientes del suelo, especialmente N y P también fue mayor. Estos resultados se corroboraron en este estudio, pues para todas las variables agrobiológicas estudiadas la interacción E x F x G (Tablas 6-13) que involucran a la disponibilidad de humedad, la fertilización nitrogenada y genotipos, fue consistentemente significativa.

Aún cuando el mijo es altamente tolerante a la sequía, éste cultivo responde bien a la irrigación en su comportamiento, como se ha podido demostrar en éste trabajo. Postiglioni *et al.*, (1978) describe incrementos lineares en el RMS con tres poblaciones de plantas probadas en una fecha de siembra, mientras que en una segunda fecha el RMS se incrementó linealmente sin irrigación. En éste estudio la aplicación de riego mejoró el RMS en un 70, 48 y 34 por ciento para el Complejo Poblacional, Tifleaf, y 3-Mil-X, respectivamente. Resultados positivos en el rendimi-



ento por efecto de la irrigación se han reportado (Fribourg *et al.*, 1975; Gregory y Squire, 1979; El-Komos *et al.*, 1981; Singh, 1981; Rana y Malik, 1981; Sivakumar *et al.*, 1981). Fribourg *et al.* (1975) mencionan que la irrigación generalmente resultó en un más alto rendimiento de forraje de maíz y de grano y forraje de sorgo para ensilar, que los que se cultivaron en temporal, pero no afectó substancialmente la producción de forraje de corte (verdeo) en el sorgo ni en el mijo perla, indicando lo anterior la mayor tolerancia de éstos cultivos al estrés de humedad.

Es importante conocer la respuesta del mijo a condiciones limitadas de humedad, y los períodos críticos en que el estrés hídrico afecta más a su comportamiento. Lo anterior es útil para la planeación de las fechas de siembra, y para hacer un uso más eficiente del agua. Con humedad óptima se obtienen los mayores rendimientos, pero (Sivakumar *et al.*, 1981) dos riegos suplementarios en la floración fueron superiores que cuando se aplicaron durante la fase vegetativa temprana o durante el llenado de grano, indicando que esto favoreció la mejor translocación de los fotosintatos. Otra situación es que cuando la humedad es limitada éste autor no encontró respuesta a la aplicación de más de 40 kg N/ha. La tasa de crecimiento de las plantas disminuye con la menor humedad disponible (El-Komos *et al.*, 1981), lo mismo que el número de hijuelos por planta (Saleem, 1988). En ésta investigación, por efecto de la aplicación del riego se incrementó la altura, número de hojas, número de hijuelos, número de entrenudos, RMV, y RMS; por el contrario decrecieron en dimensiones el diámetro del tallo principal y la tasa hoja-tallo (Tablas 3 y 4).

Algunos investigadores han estudiado el efecto de la irrigación y la aplicación de



fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del mijo perla como forraje. Gregory y Squire (1979) mencionan que la irrigación ligeramente incrementó la concentración de nutrientes en el cultivo; sin embargo el mayor RMS/ha resultó en un contenido de nutrientes a la cosecha del doble, con respecto al cultivo de temporal. Esto concuerda con lo observado por Rana y Malik (1981) quienes describen una reducción en el contenido de PC y un incremento en el de NDT, con el aumento de los niveles de riego. Los resultados obtenidos en éste trabajo muestran como por efecto de la irrigación los contenidos de ceniza, FND, FAD, lignina, Ca, y DIVMS se incrementaron; mientras que los contenidos de PC, P, y DIVMO disminuyeron.

#### **Componentes del rendimiento.**

El rendimiento de forraje verde y seco producido por el mijo perla estuvo asociado con la altura, número de hojas, número de hijuelos, número de entrenudos y diámetro del tallo principal. Estas variables también estuvieron relacionadas entre sí. Los valores de "r" variaron entre cultivares, condiciones hídricas, y ciclos de cultivo. En forma general en este estudio, las variables más correlacionadas con el RMS fueron la altura y el número de entrenudos, condiciones de riego; y el diámetro y la altura del tallo principal, bajo condiciones de temporal.

Estos resultados coinciden ampliamente con los reportados en la literatura mundial (Tyagy *et al.*, 1980; Shakoore *et al.*, 1983; Mangath, 1986). Tyagy *et al.* (1980) analizaron los componentes del rendimiento en 30 cultivares de mijo perla. EL RMV y RMS estuvieron correlacionados con el número de hijuelos, altura y grosor del tallo, y número de hojas por planta. Mangath (1986) estudió 44 variedades y encontró

correlaciones positivas significativas del rendimiento de forraje con la altura, grosor del tallo, y número de entrenudos; además los componentes del rendimiento estuvieron correlacionados entre sí. Resultados similares han sido reportados (Shakoor *et al.*, 1983) bajo condiciones de temporal obteniendo correlaciones positivas significativas entre la altura, número de hojas, y número de hijuelos por planta que contribuían para el rendimiento, tanto de grano como de forraje. Otras variables que han sido relacionadas con el rendimiento son: la longitud de la hoja (Tiagy *et al.*, 1980), la anchura de la hoja (Mangath, 1986), y los días a la floración (Tiagy *et al.*, 1980; Mangath, 1986). Mangath (1986) menciona que la variación de la altura, grosor, y número de hijuelos del tallo principal, así como la anchura de la hoja respondieron por aproximadamente el 41 por ciento de la variación en el rendimiento de forraje. Según éste autor, ninguno de éstos solo puede ser un criterio de selección útil; aunque el número de entrenudos pareció tener el efecto máximo sobre el rendimiento. Lo anterior ha sido corroborado posteriormente por Gupta y Choubey (1988), quienes estudiaron cien líneas de mijo perla, y estimaron que el patrón de los entrenudos (principalmente número y longitud) puede ser ignorado cuando se selecciona para rendimiento de forraje. El conocimiento de aquellos parámetros que están asociados al rendimiento y calidad del forraje y que son altamente heredables es importante como medida de selección, como lo ha demostrado Kumar (1982). Por lo que un índice de selección basado en éstos parámetros es útil en la toma de decisión de los genotipos a sembrar para producir un forraje con buen rendimiento y buen aporte de nutrientes aprovechables por el ganado.

**Relacion calidad alimenticia-componentes del rendimiento.**

La relación entre algunos parámetros agrobiológicos y la calidad del forraje existió en forma significativa (Tablas 16 y 17). El contenido de PC se correlacionó significativamente y en forma negativa con la altura de la planta, el número de hojas, y el número de entrenudos. Esta situación había sido señalada por otros investigadores (Hanna *et al.*, 1979), y en este estudio se confirmó. El contenido de PC se asoció significativamente y en forma negativa con la FND, la FAD, y el contenido de lignina. Estas conexiones son importantes pues la PC y la digestibilidad están positivamente relacionadas y, por el contrario, la digestibilidad lo está en forma negativa con el contenido de FND y FAD.

El mijo perla es una especie extremadamente variable (Maiti y Gómez, 1990; Maiti y López, 1990), y los diferentes genotipos muestran rangos amplios en los días para llegar al 50% de floración, número de granos por panoja, peso de la semilla, número de hijuelos, contenido de azúcar y grosor del tallo, altura, y número. tamaño, anchura, y erguidez de las hojas. El conocer si éstas diferencias morfológicas están correlacionadas con el rendimiento, y con diferencias en digestibilidad, y otros parámetros que determinarán la calidad nutricional, pueden ser índices de selección útiles en los programas de mejoramiento genético, y es información valiosa a quien produce forraje para la alimentación eficiente de su ganado.

La frondosidad, o el porciento del peso total de una planta contribuido por las hojas, ha sido utilizado como una medida de la calidad del zacate Bermuda de la



Costa (Prine *et al.*, 1956), sorgo (Stallcup *et al.*, 1964; Thurman *et al.*, 1960; Thurman *et al.*, 1964), mijo perla y zacate Sudán (Cragmiles *et al.*, 1958). Sin embargo (Mowatt *et al.*, 1965), el contenido de hojas y tallos es un indicador pobre de digestibilidad, ya sea dentro o entre especies. Investigadores de Arkansas han desarrollado híbridos de sorgos frondosos, pero Stallcup *et al.* (1964) han demostrado que no hubo relaciones consistentes entre el porcentaje de hojas y la DMS y DMO del ensilaje utilizado. La regresión de la digestibilidad sobre la frondosidad fue positiva un año y negativa en el otro. Estos resultados son similares a los que en éste estudio se obtuvieron, respecto a la altura y el número de hojas con la DIVMS (Tabla 16); aunque la consistencia fue mejor para la DIVMO, incluso con el número de hijuelos, bajo condiciones de riego. Estas relaciones cambiaron entre genotipos, épocas, condiciones de humedad, fertilización y densidad de población.

Sullivan (1964) ha estudiado varios métodos químicos para la predicción de la digestibilidad del forraje. El señala que la lignina es el mejor y simple predictor de la DMS; aunque la digestibilidad estuvo significativamente correlacionada al contenido de PC y FC, pero ambos componentes fueron predictores más pobres que la lignina para la digestibilidad. Johnston y Waite (1965), Tomlin *et al.*, (1965), y Van Soest (1962 y 1964), reportan que el contenido de lignina fue un excelente predictor de la digestibilidad. En ésta investigación la lignina estuvo relacionada en forma negativa con el contenido de PC, ceniza, y fósforo y en forma positiva con la altura, número de entrenudos y contenido de FAD, mientras que ésta no se correlacionó con la digestibilidad, bajo condiciones de riego; bajo condiciones de temporal el contenido

de lignina se correlacionó significativamente y en forma negativa con la altura, número de entrenudos, tasa H/T, contenido de ceniza, y P ; y en forma positiva con el RMS.

Los resultados anteriores son interesantes pues las condiciones de humedad del cultivo afectaron los niveles de lignina, así como las relaciones con los otros parámetros, e.g. la altura, número de entrenudos. Lo mismo sucedió con el contenido de FAD el que se correlacionó positivamente bajo condiciones de riego y en forma negativa bajo condiciones de temporal. Lo anterior parece estar relacionado con el desarrollo de órganos en la planta, pues bajo condiciones de temporal la tasa H/T es mayor que bajo condiciones de riego; siendo el follaje el que proporciona el mayor peso, entonces el contenido de lignina será menor.

Hart (1967) ha encontrado que la DMS en el mijo perla estuvo positiva y significativamente correlacionados con la frondosidad desde la etapa de hoja bandera hasta la madurez, pero no antes. El contenido de lignina fue un predictor excelente de la DMS; los valores de "r" fueron de -0.91 para hojas y -0.88 para tallos. La DMS de hojas, pero no de tallos, estuvo significativamente correlacionada con la PC y la FC, pero la relación fue menor con el contenido de lignina.

En este estudio se observaron correlaciones significativas entre la DIVMS con el número de hijuelos, y en forma menos consistente con la altura y el número de hojas del tallo principal. Lo anterior tiene su explicación por el número de hijuelos que contribuyen a la calidad del forraje; éstos por su menor madurez y abundancia de follaje en proporción al tallo, y con una menor cantidad de fibra, hacen que el contenido de proteína se incremente, contribuyendo a mejorar la DIVMS y la

## DIVMO.

Esta relación del número de hojas e hijuelos con la digestibilidad coincide con lo reportado por otros investigadores (Munda *et al.*, 1985) quienes señalan que el contenido de NPK, cuando el mijo perla tenía la máxima área foliar, permanecieron más en hojas y vainas, en términos de concentración y rendimiento; pero la situación fue diferente en plantas maduras. Los resultados difieren con lo señalado por Hassan y Osman (1984) quienes encontraron relaciones positivas entre la altura y la DIV, FAD, LAD; y negativas con la hemicelulosa, DIVMS y ELN. Estas relaciones que se han señalado en este estudio fueron diferentes entre situaciones ambientales y genotipos (Tablas 3-5, 14, 16-17).

Una gran cantidad de conocimientos nuevos concernientes a los factores que afectan la calidad de los forrajes y la alimentación animal se ha logrado en los últimos años. La calidad de un forraje puede influir grandemente en como producen los animales sus productos. La variable y baja productividad del ganado se explica en parte por el hecho de que cuando la calidad del forraje disminuye, el consumo también disminuirá; además la digestibilidad será reducida. En éste estudio se ha visto como la disponibilidad de humedad, la población de plantas, la aplicación de fertilizantes nitrogenados, y aún los diferentes cultivares de una misma especie influyeron sobre la calidad nutricional del forraje.

Alimentos con niveles altos de PC y bajos de FAD, FND, y lignina tienen gran valor porque reflejan la capacidad de digestión, consumo, aceptación, y productividad en el animal. Los forrajes en general tienen limitaciones para llegar a ser alimentos



completos. El mijo no es la excepción, por lo que algunas decisiones de manejo más importantes que influyen la calidad y el rendimiento del cultivo son: la variedad seleccionada, la población de plantas, la fertilización, la madurez a la cosecha, el manejo de la cosecha, y su almacenamiento. En un cultivo de reciente introducción y estudiado para otros fines, como lo es el mijo perla, todos éstos factores tienen que continuarse estudiando para poder tener un conocimiento más profundo que permita mejorar el potencial de producción de alimentos.

#### **Modelos de regresión para el rendimiento de materia seca y calidad nutricional.**

En la literatura mundial se ha hecho énfasis en la gran variabilidad del mijo perla en cuanto a su morfología, fisiología, adaptación y comportamiento general del cultivo (Hart, 1967; Maiti y López, 1990). Los genotipos muestran hábitos y rangos amplios y contrastantes en cuanto a la altura, rendimiento, hábitos de ahijamiento, etc. Al respecto mientras que en la India y Asia se mencionan cultivares nativos o variedades locales de porte y rendimientos altos (Tyagi *et al.*, 1980; Umrani *et al.*, 1982a; Yudina, 1982; Shakoar *et al.*, 1983; Mangath, 1986), en América se habla de plantas pequeñas de rendimientos medios, pero con calidad forrajera más alta que el de las plantas altas, así como la capacidad de cortarse dos o tres veces (Monson, 1977; Hanna *et al.*, 1979). Dentro de este amplio rango de criterios es que se tiene que establecer cual es el propósito del alimento que se va a producir, con el objeto de que el cultivo cumpla los requerimientos nutricionales de los animales que los consumen. En éste marco de situaciones, el estimar los modelos de predicción para el rendimiento de mijo perla resalta su importancia técnica y práctica, pues su utilidad

radica en poder establecer índices de selección que permitan determinar aquellos caracteres que más contribuyan al rendimiento.

Las ecuaciones de regresión mostraron diferentes modelos entre genotipos, condiciones de humedad, y épocas de cultivo (Tablas 19 y 20). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores (Tyagy *et al.*, 1980; Mangath, 1986) quienes encontraron que el RMV, la altura de la planta, el grosor del tallo, y el número de hojas por planta tuvieron un efecto directo con el RMS. Mangath (1986) señala que la variación de la altura, el grosor del tallo principal, el número de entrenudos, y la anchura de la hoja respondieron por aproximadamente el 41 por ciento del rendimiento de forraje; sin embargo éste autor menciona que ninguno de éstos solo fue un criterio útil de selección.

A nivel general en los cultivares de mijo perla el RMV fue la variable más correlacionada con el RMS y de ahí en orden decreciente estuvo el grosor del tallo principal, el número de hojas, y la tasa H/T. En consecuencia, desde un punto de vista técnico práctico el número de hojas totales de la planta pudiera ser el caracter que tiene mayor importancia, no solo por su contribución al RMS y a la tasa H/T, sino por su aporte a mejorar la calidad del forraje (Hart, 1967; Monson *et al.*, 1977; Hanna *et al.*, 1979; Chanda *et al.*, 1985).

La altura que alcanza una planta ha sido mencionada como determinante para lograr los rendimientos máximos (Yudina, 1982; Shakoar *et al.*, 1983; Mangath, 1986), sin embargo para aquellas plantas que tienen hábitos de ahijamiento mayores no se ha investigado que tan importante o compensante sería el que una planta con menor

altura tuviera rendimientos equivalentes a aquellas más altas que no producen, o producen pocos hijuelos. Lo anterior es un problema complejo, porque el comportamiento de la planta varía dependiendo del ambiente que se le proporcione, llámese densidad de siembra, riego, fertilización, o por la capacidad de ahijamiento en el segundo o más cortes (Dua et al., 1983).

Los modelos de regresión para el contenido de PC y DIVMO demostraron que existen condiciones culturales y de época de siembra que influyeron en las ecuaciones de predicción (Tabla 21). En forma general las variables que en forma positiva tuvieron mayor valor predictivo del contenido de PC fueron: P, DIVMO, diámetro del tallo, y el RMV; y en forma negativa, el contenido de ceniza, FAD, RMS, y el número de hojas del tallo principal.

Para la predicción de la digestibilidad in vitro de la materia orgánica las variables con mayor frecuencia de aparición en las ecuaciones, y que afectaron en forma positiva fueron la DIVMS, FND, PC, H/T, Ca, y P; y en forma negativa, el número de entrenudos, diámetro del tallo principal, RMV, RMS, Ceniza, y lignina.



## CONCLUSIONES

- \* La densidad de siembra se puede considerar independiente de los otros factores estudiados debido a que no interactúa con éstos.
- \* La interacción genotipo-fertilización resultó ser el efecto significativo en todos los ciclos, además se encontró que interactúa fuertemente con las condiciones de humedad.
- \* Los diferentes factores agrobiológicos estudiados como el riego, ciclo de siembra, fertilización, y genotipo influyeron en la productividad y valor nutritivo del cultivo de mijo perla.
- \* El óptimo de aportación de nutrientes por unidad de área que se puede obtener de un genotipo depende del ambiente que se le proporcione, e.g. humedad, fertilización, densidad de siembra, y época de cultivo.
- \* Esta investigación demostró que el análisis de calidad de un forraje no da una indicación clara de la eficiencia que una especie es capaz de ofrecer. Hay un sinnúmero de factores, como los que aquí se estudiaron, que afectan no tan solo la productividad y calidad nutricional de un alimento, sino la utilización y aprovechamiento por el animal.

## LITERATURA CITADA

- ABBRING, F.T., R.W. TAYLOR, C.L. RHIKERD, y C.H. NOLLER. 1971. Economic analyses of nitrogen-fertilized orchardgrass and smooth brome grass. Purdue. Univ. Agric. Exp. Sta. Res. Prog. Rep. 397.
- AGAFONOV, N.P. y Z.P. LUZINA. 1982. [Main factors in *Panicum* millet determining plant height and its relations to yield.](Ru). Byulleten Vse soyusnogo Ordena Drushby Narodov Nauchno-issledovatel'skogo. Instituta Rastenievodstva Imeni. N.I. Vavilova. 124: 52-56.
- ALAGARSWAMY, G. y F.R. BIDERGER. 1982. Nitrogen uptake and utilization by pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Pages 12-16. In: Plant Nutrition 1982. Proceeding of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, 22-27 August 1982, Warwick University, UK (Ed. A. Scaife).
- ALAGARSWAMY, G., J.C. GARDNER, J.W. MARANVILLE, y R.B. CLARK. 1988. Measurement of instantaneous nitrogen use efficiency among pearl millet genotypes. Crop Science 28(4): 681-685.
- ALBERDA, T. 1965. The influence of temperature light intensity, and nitrate concentration on dry matter production and chemical composition of *Lolium perenne* L. Neth J. Agric. Sci. 13: 335-360.
- ALDERMAN, G. y D.I.H. JONES. 1967. The iodine content of pastures. J. Sci. Food. Agric. 18: 197-199.
- ALEXANDER, R.A., J.F. HENTGES, W.K. ROBERTSON, G.A. BARDEN, y J.T. McCALL. 1963. Composition and digestibility of corn silage as affected by fertilizer rate and plant population. Journal of Animal Science 22: 5-8.
- ANDERSON, E. y J.H. MARTIN. 1949. World production and consumption of millet and Sorghum. Econ. Bot. 3: 265-288.
- A.O.A.C. 1975. Official methods of analysis. 13th ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- ARCHBOLD, H.K. 1938. Physiological studies in plant nutrition. VII The role of fructosans in the carbohydrate metabolism of the barley plant. 2. Seasonal changes in the carbohydrates with a note on the effect of nitrogen deficiency. Ann. Bot. N.S. 2: 403-435.
- ARNOLD, G.W. 1962. Effect of pasture maturity on the diet of sheep. Aust. J. Agric. Res. 13: 701-706.
- ASWATHAIAH, B. 1979. Influence of season, plant density and fertilizer levels on yield and quality hybrid seeds in Bajra. Thesis Abstracts (India) 5(2): 104-105.
- AZAM-ALI, S.N., P.J. GREGORY, y J.L. MONTEITH. 1984a. Effects of planting density on water use and productivity of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) grown on stored water. I. Growth of roots and shoots. Experimental Agriculture 20(3): 203-214.
- AZAM-ALI, S.N., P.J. GREGORY, y J.L. MONTEITH. 1984b. Effects of planting density on water use and productivity of pear millet (*Pennisetum typhoides*) grown on stored water. II. Water use, light interception and dry matter production. Experimental Agriculture 20(3): 215-224.



- BAGCHI, D.K. 1982. Nitrogen nutrition and extracted leaf protein yields of four crops in Gangetic alluvium soils. Pages 497-505. In: *Frontiers of Research in Agriculture* (ed. S.K. Roy). Indian Statistical Institute, Calcutta, India.
- BAJPAI, M.R., G. SINGH, y N. LAL. 1981. Study on the effect of sowing dates and cuttings on growth and fodder yield of bajra varieties. *Indian Journal of Agricultural Research* 15(3): 157-160.
- BARNES, R.F., A.B. SIMMONS, y G.C. MARTEN. 1971. Evaluation of selected clones of *Phalaris arundinaceae*. II. Indole alkaloid derivatives. *Agron.J.* 63: 507-509.
- BEGG, J.E. y G.W. BURTON. 1971. Comparative study of five genotypes of pearl millet under a range of photoperiods and temperatures. *Crop Science* 11: 803-805.
- BHASKAR, S. 1982. Genotype x nitrogen interactions in hybrid pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) under rainfed conditions. M.Sc. thesis, Indian Agriculture Institute, New Delhi, India.
- BHATTI, A., y M.A.K. GANDAPUR. 1977. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potash applied in different forms of fertilizers on the performance of millet under irrigated conditions. *Agriculture Pakistan* 28(2): 161-166.
- BLAND, B.F. y J.W. DENT. 1962. Animal preference in relation to chemical composition and digestibility with varieties of cocksfoot. *J. British. Grassld. Soc.* 17: 157-168.
- BLASER, R.E. 1964. Symposium on forage utilization: Effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. *J. Anim. Sci.* 23: 246-253.
- BLEWETT, T.C. 1986. Temperature and nitrogen influence on growth, nitrogen efficiency, dry matter and nitrogen partitioning of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) hybrids. [Abstract] *Dissertation Abstracts International, B (Sciences and Engineering)* 47(6): 2237B.
- BONNER, J., y A.W. GALSTON. 1961. *Principios de fisiología vegetal*. Aguilar, Madrid, 485p.
- BROWNE, D. 1966. Nitrogen use on grassland. 1. Effect of applied nitrogen on animal production from a ley. *Ir. J. Agric. Res.* 5: 89-101.
- BROWNE, D. 1967. Nitrogen use on grassland. 2. Effect of applied nitrogen on animal production from an old permanent pasture. *Ir.J.Agr.Res.* 6:73-81.
- BURNS, J.C., C.H. NOLLER, C.L. RHYKERD, y T.S. RUMSEY. 1968. Influence on fertilization on some organic acids in alfalfa, *Medicago sativa* L. *Crop Sci.* 8: 1-2.
- BURTON, G.W. 1944. Hybrids between Napier grass and cattail millet. *J. Hered.* 35: 227-232.
- BURTON, G.W. 1952. Immediate effect of gametic relationship upon seed production in Pearl Millet, *Pennisetum glaucum*. *Agro. Jour.* 44: 424-427.
- BUTTERWORTH, M.H. 1967. The digestibility of tropical grasses. *Nutr. Abs. and Rev.* 37(2): 349-368.



- CABALLERO, D.C. y J.L.T. PEREZ. 1986. Fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia de algunos micronutrientes en el cultivo de sorgo bajo riego. Tesis Ing. Agr. Fit. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- CAMERON, C.D.T. 1966. The effects of nitrogen fertilizer application rates to grass on forage yields, body weight gains, feed utilization, and vitamin A status of steers. *Can.J. Anim. Sci.* 46: 19-24.
- CAMERON, C.D.T. 1967. Intake and digestibility of nitrogen fertilized grass hays by wethers. *Can. J. Anim. Sci.* 47: 123-125.
- CARAVETTA, G.J., J.H. CHERNEY, y K.D. JOHNSON. 1987. Influence of plant population on morphology and forage quality of diverse Sorghum genotypes. *Agron. Abs.* p. 141.
- CHANDA, S.V., A.K. JOSHI, P.P. VAISHNAV, y Y.D. SINGH. 1985. Leaf area determination in pearl millet using linear measurement-area and matter-area relationship. *Photosynthetica* 19(3): 424-427.
- CHAPMAN, S.L. 1984. Commercial nitrogen sources for forages. Pages 333-343. In: Forage systems leading U.S. agriculture into the future. Lexington, Kentucky. U.S.A. American Forage and Grassland Council.
- CHAUDHURI, U.N. y E.T. KANEMASU. 1982. Agronomic performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). *Agronomy Abstracts* p.117.
- CHOI, B.H., K.Y. PARK, y R.K. PARK. 1987. [Evaluation of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) genetic resources as a new forage in Korea.]. Research Reports of the Rural Development Administration, Crops, Korea Republic 29(2): 146-153.
- CHOI, B.H., K.Y. PARK, y R.K. PARK. 1988. [Productivity of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) in Korea.]. Research Reports of the Rural Development Administration, Crops, Korea Republic 30(1): 29-34.
- CHOI, B.H., K.Y. PARK, y R.K. PARK. 1989. [Cultural techniques of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) grown as a new forage crop of higher yield and quality.]. Research Reports of the Rural Development Administration, Upland & Industrial Crops, Korea Republic 31(2): 15-28.
- CONROY, E. 1961. Effects of heavy application of nitrogen on the composition of herbage. *Ir. J. Agr. Res.* 1: 67-71.
- COSER, A.C. y G.E. MARASCHIN. 1981. Forage yield and quality of pearl millet var. Comun and Sorghum cv. Sordan N.K., under grazing. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 16(3): 397-403.
- CRAGMILES, J.P., D.M. BAIRD, y M.E. McCULLOUGH. 1958. Quality evaluation of Sudan grass and millet forage. *Georgia Agr. Exp. Sta. Mimeo.* N.S. 48.
- CRAMPTON, W.W. 1957. Voluntary intake of forage as a measure of its feeding value. *Journal of Animal Science* 16: 1056.
- CUBILLOS, G.F., R.F. BARNES, C.H. NOLLER, D. CARVINO, y F. ORITZ. 1970. Effect of age of the plant on the chemical composition and in vitro dry matter digestibility of *Lolium perenne* L. *Agricultura Técnica (Chile)* 30: 1-6.

- CULLISON, A.E., C.S. WARD, W.H. ALLAWAY, G.C. WILLIAMS, A.R. BERTRAND, y R.I. THOMPSON. 1962. Influence of level of nitrogen fertilization on the nutritive value of Coastal Bermudagrass hay. *J. Anim. Sci.* 21: 389.
- CULVENOR, C.C., J.R. DALBON, y L.W. SMITH. 1964. The occurrence, alkylamine alkaloids in *Phalaris tuberosa* L. and *P. arundinaceae* L. *Aust. J. Chem.* 17:1301-1304.
- CUMMINGS, G.A. y M.R. TEEL. 1965. Effect of nitrogen, potassium, and plant age on certain nitrogenous constituents and malate content of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Agron. Jour.* 57: 127-129.
- CUMMINGS, K.R. 1967. Plant and animal response to nitrogen fertilization of Zea mays and *Sorghum vulgare* var. *sudanense*. Ph.D. Thesis. Purdue University, Ann Arbor, Mich.
- DAHIYA, D.R. y K. SINGH. 1984. Effect of straw mulch, rate, time, and method of application of nitrogen on grain and fodder quality of hybrid bajra under dry land conditions. *Transactions of Indian Society of Desert Technology and University Centre of Desert Studies* 9(1): 86.
- DAUBENMIRE, R.F. 1974. *Plants and environment: A textbook of autecology.* John Wiley & Sons, New York. 422p.
- De GROOT, T.H. 1970. Some experiences with the use of high levels of nitrogen on grassland in the Netherland with special reference to animal health. *Int. Grassld. Congr. 11th.* (Sydney, Australia).p. A 107-A 112.
- DEINUM, B. 1967. Climate, nitrogen and grass research into the influence of light intensity, temperature, water supply, and nitrogen on the production and composition of grass. *Neth. J. Agric. Sci.* 15: 79-80.
- DOVRAT, A. y H. OPHIR. 1965. The effect of number of cuttings, seeding rate, and row spacing, on the yield and leaf area index of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Israel Jour. Agric. Res.* 15: 179-186.
- DRAPER, N.R. y H. SMITH. 1966. *Applied regression analysis.* Wiley, New York. 407 p.
- DUA, R.P., S. KOCHHAR, K. SHANKER, y K. VASUDEVAN. 1983. Metroglyph analysis in two-cut bajra fodder germplasm. *Indian Journal of Agricultural Research* 17(3): 163-170.
- DUNAVIN, L.S. 1980. Forage production from pearl millet following rye and ryegrass fertilized with sulphur-coated urea. *Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida* 39: 92-95.
- EGHAREVBA, P.N., A.A. IBRAHIM, y A.A. OKOLO. 1982. Some morphological and physiological determinants of grain yield in millet. *Agronomy Abstracts* pp. 43-44.
- EL-KOMOS, F., M.C. OSWALD, y S.S. KHANNA. 1981. Response of pearl millet to soil moisture content, soil moisture stress and soil moisture transmission coefficients. *Agrochimica* 25(5/6): 452-458.
- FARIAS, F.J.M., H.M. QUIROGA, y C.R. FAZ. 1983. Mijo perla. SARH-INIAN (México). *Avances de Investigación en Zonas de Riego y Temporal* 8: 88.



- FOX, J.B. y S.M. BROWN. 1969. The effect of fertilizer nitrogen on silage fermentation. *J. Brit. Grassld. Soc.* 24: 23-30.
- FRIBOURG, H.A., W.E. BRYAN, F.F. BELL, y G.J. BUNTLEY. 1975. Performance of selected silage and summer annual grass crops as affected by soil type, planting date, and moisture regime. *Agronomy Journal* 67: 643-647.
- FUKUNAGA, K. 1967. Effects of nitrogen fertilization on yield, crude protein, aminoacids, and carotene content of ryegrass, timothy and orchardgrass. *Res. Bull. Obihiso Zootech. Univ. Ser. 1.* 5: 208-224.
- GALLEGOS, V.I. 1983. Determinación de DOE para nitrógeno y fósforo en el cultivo de sorgo en Marín, Nuevo León. Tesis Ing. Agron. Fit. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- GARCIA, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2da. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARCIA, J.M. 1985. La microparcela como un método rápido para predecir la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Fit. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- GARGANO, A.O. 1980. Influencia de la fecha de siembra y frecuencia de corte sobre el rendimiento y digestibilidad de mijo perla, (*Pennisetum typhoides*) y sorgo azucarado (*Sorghum saccharatum*). Turrialba (Costa Rica) 30(2): 141-145.
- GILL, P.S. y S.L. SAINI. 1984. Performance of pearl millet hybrids/synthetic varieties under varying plant populations and date of planting. *Haryana Agricultural University Journal of Research* 15(4): 446-450.
- GOERING, H.K. y P.J. VAN SOEST. 1970. Forage fiber and analysis apparatus, reagents, procedures, and some applications. USDA-ARS Handbook no. 379.
- GONZALEZ, P.R.J. 1983. Evaluación de variedades de mijos forrajeros. SARH-INIA-CIAN (México). *Avances de Investigación Agrícola en zonas de Riego y Temporal* 8: 349.
- GOSWAMI, A.K., B.K. GUPTA, y K.P. SHARMA. 1970. The chemical composition of bajra fodder. Punjab Agricultural University. *Journal of Research* 7(1): 58-61.
- GREGORY, P.J. y G.R. SQUIRE. 1979. Irrigation effects on roots and shoots of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Experimental Agriculture (UK)* 15(2): 161-168.
- GRIMES, R.C. 1967. The growth of lambs grazing tall fescue receiving high and low levels of nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci.* 69: 33-41.
- GUPTA, S.K. y P.S. PHUL. 1982. Analysis of genotype-environment interaction in pearl millet generations. *Genetica Agraria* 36: 325-332.
- GUPTA, S.K. y R.N. CHOUBEY. 1988. Influence of internode pattern on components of plant height in pearl millet. *Crop Improvement* 15(1): 107-109.
- GUPTA, S.C., A.T. NDOYE, y D.J. ANDREWS. 1983. [Pearl millet variety tests in Senegal.]. *Agronomie Tropicale* 38(3): 229-233.



- GUPTA, V.P., R. LAL, y PARAMJIT SINGH. 1980. Phenotypic stability of green fodder yield in pearl millet. In: Trends in Genetical Research on Pennisetums. [Edited by Gupta, V.P. and J.L. Minocha] Punjab Agricultural University (India) pp. 237-238.
- HALLEY, R.J. y B.M. DOUGALL. 1962. The feed intake and performance of dairy cows fed on cut grass. *J. Dairy Res.* 29: 241-248.
- HAMED, Y.N. y A.A.H. MOHAMED. 1987. [Effect of cutting stage, nitrogen fertilization and seeding rate on yield and quality of hybrid forage sorghum. 1. Growth and yield.]. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences "Zanco" 5 (Supplement)* 135-148.
- HANNA, W.W., T.P. GAINES, y W.G. MONSON. 1979. Seed set and  $d_2$  gene effects on pearl millet forage quality. *Agronomy Journal* 71(6): 1027-1029.
- HANSEN, R.G. 1958. A review of the carbohydrate constituents of roughages. *Illinois Agric. Res. Sta. Bull.* 634.
- HARSHBARGER K.E., W.B. NEVENS, R.W. TOUCHBERRY, A.L. LANG, y G.H. DUNGAN. 1954. Yield and composition of corn forage as influenced by soil fertilization. *Illinois Agric. Res. Sta. Bull.* 577.
- HART, R.H. 1967. Digestibility, morphology, and chemical composition of pearl millet. *Crop Science* 7: 581-583.
- HART, H.R. y H.D. WELLS. 1965. Effect of temperature and soils on emergence of summer annual forage grasses. *Agronomy Journal* 57: 636-637.
- HASSAN, N.I. y A.F. OSMAN. 1984. Relationships among agronomic characters, chemical composition and in vitro digestibility in 23 varieties of Napier grass. *World Review of Animal Production* 20(3): 45-50.
- HEDDLE, R.G. y P. CROOKS. 1967. Long term effects of fertilizers on herbage production. II. Chemical composition. *J. AgriSci.* 69: 433-441.
- HENKINS, C.H. 1965. Factors influencing the sodium content of meadow grass. *Neth. J. Agr. Sci.* 13: 21-47.
- HOLMES, W. 1972. El uso del nitrógeno en el manejo de los pastizales para el ganado. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Extensión Agrícola, Divulgación. Chapingo, México. 33p.
- HUDA, A.K.S., M.V.K. SIVAKUMAR, G. ALAGARSWAMY, S.M. VIRMANI, y R.L. VANDERLIP. 1984. Problems and prospects in modeling pearl millet growth and development: a suggested framework for a millet model. Pages 297-306. In: Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics: Proceedings of the International Symposium, 15-20 November, ICRISAT Centre, Patancheru, India.
- HUGHES, H.D., M.D. HEATH, y D.S. METCALFE. 1951. Forages: the science of grassland agriculture. Iowa State College Press.
- JOHNSTON, M.J. y R. WAITE. 1965. Studies in the lignification of grasses. 1. Perennial ryegrass (S24) and cocksfoot (S37). *J. Agric. Sci. Camb.* 64: 211-219.
- JOSHI, N.L. 1988. Millet yield under natural drought conditions on arid loamy sand soil: cultivar differences. Effect of planting dates, and relative energy yield



- equivalencies. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 2(3): 203-216.
- KALIKINSKII, A. y S. KAMASIN. 1969. Effect of increased N rates on dry meadows. *Luga Pastbishcha* 3: 28-29.
- KANWAR, J.S., T.J., REGO, y N. SEETHARAMA. 1984. Fertilizer and water-use efficiency in Pearl Millet and Sorghum in vertisols and alfisols of semi-arid India. *Fertilizer News* 29(4): 42-52.
- KATORIA, V.B., PHOOL SINGH, B.S. MALIK, y H.C. SHARMA. 1981. Effect of irrigation and nitrogen on the yield and quality of pearl millet and maize grown for summer fodders. *Haryana Agricultural University Journal of Research (India)* 11(1): 100-102.
- KAUSHIK, S.K. y M. PAL. 1982. Response of pearl millet hybrids to nitrogen levels under irrigated conditions. *Indian Journal of Agronomy* 27(4): 435-436.
- KEENEY, D.R., B.R. BAUMGARDT, P.J. STANGEL, G.B. BEESTMAN, y R.H. STAUFFACHER. 1967. Effect of soil fertility on the quality of crops grown for silage. I The effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on the nitrogenous fraction of corn and on the quality of the resultant silage. *Wisconsin Agric. Exp. Sta. Res. Rep.* 29: 1-8.
- KEMP, A. W.B. DEIJS, y E. KLUVERS. 1966. Influence of higher fatty acids on the availability of magnesium in milking cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 14: 290-295.
- KUMAR, T. 1982. Studies on genetic variability of quantitative characters contributing to forage yield in bajra (*Pennisetum typhoides* S & H). *Thesis Abstracts (India)* 8(1): 12.
- LAHIRI, A.N. 1982. Interaction of water stress and mineral nutrition on growth and yield. *Sorghum and Millets Abstracts* 7: 9.
- LAL, R. 1980. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield, quality and uptake of N, P and K of hybrid bajra. *Indian Journal of Agronomy* 25(1): 18-24.
- LARSEN, E.R. 1966. Effect of nitrogen fertilization on yield and chemical composition of corn and certain grass species. Ph.D. Thesis. Univ. Conn. Ann Arbor, Mich.
- LAZENBY, A. y H.H. ROGERS. 1965. Selection criteria in grass breeding. IV. Effect of nitrogen and spacing on yield and its components. *J. Agric. Sci.* 65: 65-78.
- LEE, H.W., y D.A. KIM. 1980. Effect of seeding rates and nitrogen fertilization on the growth, chemical composition and forage yield of Japanese barnyard millet *Echinochloa crusgalli* var. *frumentacea* (Roxb.) W.F. Wight. *Korean Journal of Animal Sciences* 22(1): 83-92.
- LEE, Y.J., S.W. HWANG, C.S. LEE, J.Y. LEE, N.J. PARK, y Y.S. CHANG. 1989. [Optimum application rates of N, P and K fertilizers for pearl millet in saline soil]. *Research Reports of the Rural Development Administration, Soil & Fertilizer* 31(3): 45-49. Agricultural Sciences Institute Suwon, Korea Republic.
- LESLIE, J.L., R.W. HEMKEN, y N.A. CLARK. 1966. A comparison of nitrogen fertilized grasses with a grass-legume mixture as pasture for dairy cows. *Maryland Agric. Exp. Sta Bull.* A-144.



- MAHALAKSHMI, V. y F.R. BIDINGER. 1985. Water stress and time of floral initiation in pearl millet. *Journal of Agric. Sciences* 105(2): 437-445.
- MAITI, R.K., y L.G. GOMEZ. 1990. Effect of four sowing date environments on growth, development and yield potentials of 15 pearl millet cultivars (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) during autumn-winter seasons in Marín, N.L., Mexico. *Journal of Experimental Botany* 41(233): 124-130.
- MAITI, R.K., L.G. GOMEZ, y H. GONZALEZ. 1990. Growth and yield development of some pearl millet cultivars during the spring season in Nuevo León, Mexico. *Turrialba (Costa Rica)* 40(1): 107-111.
- MAITI, R.K. y D.U. LOPEZ. 1986. Potencial del mijo perla en las regiones semi-áridas de México. Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nuevo León. 254p.
- MAITI, R.K. y D.U. LOPEZ. 1990. Mijo perla: Adaptación y productividad en México. Editorial Trillas (en prensa).
- MALIK, A.S. y H.C. SHARMA. 1984. Water use efficiency and nitrogen and phosphorus uptake of pearl millet as affected by moisture regimes, nitrogen levels and plant population. *Haryana Agricultural University Journal of Research* 14(3): 296-303.
- MALIWAL, G.L., J.R. PATEL, y R.R. PATEL. 1988. Water use efficiency of different crops during kharif under dryland conditions. *Gujarat Agricultural University Research Journal (India)* 13(2): 78-81.
- MANGATH, K.S. 1986. Correlation of some characters contributing fodder yield in pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Indian Agriculturist* 30(2): 143-146.
- MANN, H.B. 1946. Millet in the Middle East. *Emp. Jour. Exp. Agric.* 14: 208-216.
- MARTEN, G.C. 1970. Measurement and significance of forage palatability. *Nat. Conf. Forage Qual. Eval. Util. Lincoln, Nebr.* p. D1-D55.
- MARTEN, G.C. 1987. Breeding forage grasses to maximize animal performance. *Agronomy Abstracts* p. 71.
- MAYNEZ, R.J. 1987. Evaluación de cuatro variedades de sudanes y dos variedades de mijo perla. SARH-INIFAP-CIAN (México). *Avances de Investigación Agrícola en zonas de Riego y Temporal* 12: 24.
- MAYS, D.A. (Editor). 1974. Forage fertilization. American Society of Agronomy, the Crop Science Society of America, and the Soil Science Society of America. Madison Wisconsin, USA. 621 p.
- MCDONALD, I.W. 1968. The nutrition of grazing ruminants. *Nutr. Abs. Rev.* 38: 381-400.
- MEDEIROS, R.B. De, J.C. SAIBRO De, y A.V.A. JACQUES. 1978. [Effect of nitrogen and plant population on yield and quality of pearl millet (*Pennisetum americanum* Schum.)]. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 7(2): 276-285.
- MILLAR, C.E., L.M. TURK, y H.D. FOTH. 1958. Fundamentos de la ciencia del suelo. 3a. ed. Continental, México. 612p.
- MISRA, R.K. y Y. NAGARAJRAO. 1982. Water use under different varieties of pearl millet. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 29(3): 301-306.



- MIYAGI, E. 1982a. Studies on the productivity and feeding value of tropical grasses. I. The effect of nitrogen fertilizer on yields of Green Panic (*Panicum maximum* var. *trichogume*). [Ja.] Science Bulletin of the College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa (Japan) 29: 193-198.
- MIYAGI, E. 1982b. Studies on the productivity and feeding value of tropical grasses. II. The effect of nitrogen fertilizer on the nutritive value of Green Panic (*Panicum maximum* var. *trichogume*). [Ja.] Science Bulletin of the College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa (Japan) 29: 199-207.
- MOHAMED, H.A., J.A. CLARK, y C.K. ONG. 1988. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. III. Light interception and dry matter production of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). Journal of Experimental Botany 39(205): 1137-1143.
- MOLITERNO, E.A. 1981. Epocas de siembra en verdeos de verano [Abstract]. In: 4ta. Reunión Técnica, 2-3 Diciembre 1981. Montevideo, Uruguay; Facultad de Agronomía, Universidad de la República de Uruguay.
- MUNDA, G.C., M. PAL, y S.L. PANDEY. 1983. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield, quality, and yield attributing characters of Pearl Millet. Indian Journal of Agronomy 28(4): 332-339.
- MONSON, W.G., G.W. BURTON, y W.W. HANNA. 1977. Evaluation of quality factors in warm season forages. In: Proceedings of the 13th International Grassland Congress. Sectional Papers, sections 1-2. Leipzig, German Democratic Republic. pp. 426-435.
- MOORE, R.M., J.D. WILLIAMS, y J. CHIA. 1966. Effect of environmental factors on alkaloids in *Phalaris tuberosa*. Int. Grassld. Cong. Proc. 10th. (Helsinki, Finland). p. 524-527.
- MORALES, M.E. 1985. Determinación de DOE para la fertilización nitrogenada y fosforada en el cultivo de maíz para la región de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Fit. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- MOSIENYANE, B.P. 1983. Crop residues for animal feeding. Bulletin of Agricultural Research in Botswana 1: 3-9.
- MOTT, G.O., C.J. KAISER, R.C. PETERSON, R. PETERSON, Jr., y C.L. RHYKERD. 1971. Supplemental feeding of steers on *Festuca arundinaceae* Schreb, pastures fertilized at three levels of nitrogen. Agron. Jour. 63: 751-754.
- MOTTA, M.S. 1952. Grasses and fodder resources in the British Tropics. Emp. J. Exp. Agric. 20(8): 7-8.
- MOWAT, D.N., R.S. FULKERSON, W.E. TOSSEL, y J.E. WINCH. 1965. The in vitro digestibility and protein content of leaf and stem portions of forages. Can. J. Plant Sci. 45: 321-331.
- MUCHOW, R.C. 1989. Comparative productivity of maize, sorghum and pearl millet in a semi-arid tropical environment. 1. Yield potential. Field Crop Research 20(3): 191-205.
- MUDD, A.J. 1970a. The influence of heavily fertilized grass on mineral metabolism of dairy cows. J. Agric. Sci. 74: 11-21.

- MUDD, A.J. 1970b. Trace mineral composition of heavily fertilized grass in relation to A.R.S. standards for the requirements of dairy cows. *Brit. Vet. Jour.* 126: 38-44.
- MULDOON, D.K. 1985. The effect of photoperiod on the growth and development of *Echinochloa spp.* millets. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 25(2): 428-433.
- MUNDA, G.C., M. PAL, y S.L. PANDEY. 1983. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield, quality and yield attributing characters of pearl millet. *Indian Journal of Agronomy* 28(4): 332-339.
- MUNDA, G.C., M. PAL, y S.L. PANDEY. 1985. N, P, K, content and uptake by different plant parts of pearl millet as affected by N and P application. *Annals of Agricultural Research* 6(2): 121-129.
- NGAMBI, J.M., J. BELLIARD, y M.L. CHAMPIGNY. 1981. Influence of nitrate nutrition on growth and in vitro nitrate reductase activity of 2 pearl millets *Pennisetum americanum*, *Pennisetum mollissimum* and the hybrid *Pennisetum mollissimum* x *Pennisetum americanum*. *Physiologie Vegetale* 19(2): 135-144.
- NIEHAUS, M.H. 1971. Effect of N fertilizer on yield, crude protein content, and in vitro dry matter disappearance in *Phalaris arundinaceae* L. *Agron. Jour.* 63: 793-794.
- NIELSEN, K.F. y R.K. CUNNINGHAM. 1964. The effect of soil temperature and form and level of nitrogen on growth and chemical composition of Italian ryegrass. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 28: 213.
- NOLLER, C.H. y C.L. RHYKERD. 1974. Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. In: *Forage fertilization*. Edit. D.A. Mays. Am. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 363-394.
- NORMAN, A.G. 1939. The composition of forage crops. III. Cocksfoot. Changes in the herbage during growth, with and without additions of nitrogenous fertilizer. *Biochem. Jour.* 33: 1201-1206.
- NOWAKOWSKI, T. Z. 1962. Effects of nitrogen fertilizer on total nitrogen, soluble nitrogen, and soluble carbohydrate content of grass. *J. Agric. Sci.* 59: 387-392.
- NWASIKE, C.C. y S.M. ABED. 1981. Variety x environmental interaction in pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.) trials. *Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung* 87(2): 133-138.
- ONG, C.K. 1983a. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). 1. Vegetative development. *Journal of Experimental Botany* 34(140): 322-336.
- ONG, C.K. 1983b. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). 2. Reproductive development. *Journal of Experimental* 34: 337-348.
- ONG, C.K. 1983c. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. and H.) 4. Extension of individual leaves. *Journal of Experimental Botany* 34(149): 1731-1739.



- ONG, C.K. y J.L. MONTEITH. 1985. Response of pearl millet to light and temperature. *Field Crop Research* 11: 141-160.
- OSWAL, M.C., R.K. BAKSHI, V. KUMAR, y S. KUMAR. 1989. Response of dryland pearl millet to fertilizer under two cropping sequences. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 37(2): 337-342.
- OWEN, F.G. 1967. Factors affecting nutritive value of corn and Sorghum silage. *J. Dairy Sci.* 50: 404-416.
- PARK, K.Y., B.H. CHOI, Y.K. KANG, H.G. MOON, y R.K. PARK. 1988. [Feed value of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.) grown as a new forage crop.]. *Korean Journal of Crop Science* 33(1): 48-53.
- PEARSON, C.J. 1975. Thermal adaptation of *Pennisetum* seedlings development. *Australian Journal of Plant Physiology* 2: 413-424.
- POSTIGLIONI, S.R., M.A. BERLATO, y A.V.A. JACQUES. 1978. [Effect of plant population on the dry matter yield of pearl millet cv. Common with two sowing dates with and without irrigation.]. *Agronomia Sulriograndense* 14(2): 291-301.
- POULTON, B.R., G.J. McDONALD, y G.W. VANDER NOOT. 1957. The effect of nitrogen fertilization on the nutritive value of orchard grass hay. *J. Anim. Sci.* 16: 462-466.
- PRINE, G.M. y G.W. BURTON. 1956. The effect of nitrogen rate and clipping frequency upon the yield, protein content and certain morphological characteristics of Coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). *Agron. J.* 48: 296-301.
- RANA, D.S. y B.S. MALIK. 1981. Effect of soil moisture depletion, water-use efficiency and quality of mayze-cowpea and bajra-cowpea forages. *Forage Research* 7(1): 101-104.
- RAO, S.A., M.H. MENGESHA, y C.R. REDDY. 1986. Variation and adaptation of pearl millet germplasm in Tamil Nadu, India. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding* 46(3): 449-455.
- RAYMOND, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. *Advan. Agron.* 21: 1-108.
- REDDY, K.A. y M.D. REDDY. 1988. Water use of sorghum under different levels of nitrogen and moisture regimes. *Journal of Research - APAU (India)* 16(2): 83-85.
- REID, R.L., G.A. JUNG, y S.J. MURRAY. 1966. Nitrogen fertilization in relation to the palatability and nutrient value of orchardgrass. *J. Anim. Sci.* 25: 636-645.
- REID, R.L., E.K. ODHUGA, y G.A. JUNG. 1967. Evaluation of tall fescue pasture under different fertilization treatments. *Agron. Jour.* 59: 265-271.
- REID, R.L., A.J. POST, y G.A. JUNG. 1970. Mineral composition of forages. *West Virginia Agric. Exp. Sta. Bull.* 589T.
- REITH, J.W., R.H.E. INKSON, W. HOLMES, D.S. MACLUSKY, D. REID, R.D. REID, R.D. HEDDLE, y C.J.F. COPEMAN. 1964. The effect of fertilizer on herbage production. II The effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on botanical and chemical composition. *J. Agric. Sci.* 63: 209-219.



- REYNOLDS, J.H., K.M. BART, y M.E. FRYER. 1969. Effect of harvest frequency and nitrogen fertilization on estimated total digestible nutrients of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) regrowth. *Agron. Jour.* 61: 433-435.
- RHYKERD, C.L., C.H. NOLLER, K.L. WASHBURN Jr., S.J. DONOHUE, K.L. COLLINS, L.H. SMITH, y M.W. PHILLIPS. 1969. Fertilizing grasses with nitrogen. *Purdue Univ. Agron. Mim.* AY-176.
- ROBBINS, J.D., S.R. WILKINSON, D. BURDICK, y R.B. RUSSEL. 1972. N-acetyloline in tall fescue seed and forage. *J. Anim. Sci.* 34: 352.
- ROBLES, S.R. 1976. Producción de granos y forrajes. *Limusa, México.* 592p.
- SAINI, S.L., K.C. BISHNOI, y P.S. GILL. 1985. Nutrient use pattern of hybrid and synthetic varieties of pearl millet under nitrogen and phosphorus manuring. *Haryana Journal of Agronomy (India)* 1(1): 24-30.
- SALEEM, M. 1988. Influence of temperature, moisture, and nitrogen on tillering of sorghum and pearl millet. *Dissertation Abstracts International, B (Sciences and Engineering)* 49(5): 1445B.
- SALEEM, M. y G.L. POSLER. 1987. Influence of temperature on tillering of Sorghum and pearl millet. *Agronomy Abstracts* p.121.
- SANCHEZ, A.E.J. 1989. Dinámica de la urea y sulfato de amonio en suelos calcáreos del estado de Nuevo León. *Tesis M.C. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.* 155 p.
- SATO, K. 1980. [Growth responses of some gramineous forage crops to daylength and temperature.]. *Journal of Japanese Society of Grassland Science* 25(4): 311-318.
- SHAKOOR, A., M.B. BHATTI, y CH. ZAFAR-UD-DIN. 1983. [Performance of different millet varieties for grain and fodder production under rainfed conditions.]. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 4(3): 161-165.
- SHARAR, M.S., M. AYUB, y M. HUSSAIN. 1988. Fodder yield and quality of pearl millet (*Pennisetum americanum*) as influenced by different nitrogen rates. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research* 31(2): 118-119.
- SHRIPAL SINGH, y P.K. GUPTA. 1978. Phenotypic stability in pearl millet. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding* 38(3): 444-451.
- SHRIVASTAVA, U.L. 1982. Response of pearl millet hybrids to dates of sowing under rainfed conditions. *Indian Journal of Agronomy* 27(2): 137-139.
- SIAG, R.K., S.S. BHARGAVA, y M. LAL. 1981. Fodder production potentiality of bajra (Var. Rajko) under different levels of nitrogen and phosphorus in unirrigated conditions. *Agricultural Science Digest* 1(2): 111-112.
- SINGH, B.P. 1985. Stover yield of trasplantes pearl millet as affected by agronomic management on dryland. *Forage Research* 11(2): 107-112.
- SINGH, G., O.P. BISHNOI, y V. UMAMAESWARA RAO. 1986. Leaf growth rates of bajra cultivars. *Haryana Agricultural University Journal of Research (India)* 16(1): 51-57.
- SINGH, J.P., T.K. GANGULY, y L.L. RELWANI. 1982. Different bajra strains for fodder yield and quality. *Indian Journal of Dairy Science* 35(2): 107-112.



- SINGH, L. 1983. Yield response of pearl millet cultivars to N and P and nutrient uptake in semi-arid region of Haryana (India). *Indian Journal of Chemistry* 16(2): 267-274.
- SINGH, P. 1981. Soil water, plant water, and plant temperature relations of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) genotypes and their correlations with crop yields. Ph. D. thesis, Kansas State University, Kansas, USA. 218 p.
- SIVAKUMAR, M.V.K., T.J. REGO, SARDAR SINGH, y S.M. VIRMANI. 1981. Response of pearl millet to water and nitrogen stress in a semi-arid environment. [Abstract]. In: *Agronomy Abstracts*. 73rd annual meeting. American Society of Agronomy. 14.
- SOLTANPOUR, P.N.A. 1966. Interrelation of N, Zn, and Fe on the growth of three corn hybrids. Ph.D. Thesis, Univ. Nebraska, Ann Arbor, Mich.
- SPRAGE, M.A. y B.B. TAYLOR. 1970. Forage composition and losses from orchard grass silage as affected by maturity and nitrogen fertilization. *Agron. Jour.* 62: 749-753.
- SQUIRE, G.R., B. MARSHALL, A.C. TERRY, y J.L. MONTEITH. 1984. Response to temperature in a stand of pearl millet. VI. light interception and dry matter production. *Journal of Experimental Botany* 35(153): 599-610.
- SRIVASTAVA, U.S.L., y S. SINGH. 1981. Response of pearl millet hybrids to seeding dates under delayed conditions. *Indian Journal of Agronomy* 26(4): 446-447.
- STALLCUP, O.T., G.V. DAVIS, y D.A. WARD. 1964. Factors influencing the nutritive value of forage utilized by cattle. *Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull.* 684.
- STEEN, E. 1969. Relationship between nitrogen fertilizing and production on pastures. *Vaxt Nar. Ngtt.* 25: 1-5.
- STEPHENSON, R.J. y G.L. POSLER. 1984. Forage yield of pearl millet. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 87(3-4): 91-97.
- SUBRAMANIAN, V.B., G.R.M. SANKAR, y D.G. RAO. 1988. Association of weather variables with dry matter and yield components of rainfed sorghum. *Indian Journal of Plant Physiology* 31(3): 248-254.
- SULLIVAN, J.T. 1947. Chemical composition of some forage grasses. II. Successive cutting during the growing season. *Agronomy Journal* 48: 11-14.
- SULLIVAN, J.T. 1964. Chemical composition of forages in relation to digestibility by ruminants. U.S. Dept. of Agriculture, Agric. Research Service, ARS 34-62.
- SULLIVAN, J.T. 1969. Chemical composition of forages with reference to the needs of the grazing animal. USDA-ARS. Publ. 34,107.
- SULLIVAN, J.T. y R.J. GARBER. 1947. Chemical composition of pasture plants. *Pa. Agr. Exp. Sta. bull.* 489.
- SULLIVAN, T.G. 1955. Cellulose and lignin in forage grasses and their digestion coefficients. *Journal of Animal Sciences* 14: 710-717.
- TANEJA, K.D., H.C. SHARMA, y S.M. SINGH. 1981. Effect of qualities of irrigation water, nitrogen and phosphorus fertilization on soil properties and yield of pearl millet. *Indian Journal of Agronomy* 26(1): 24-31.



- THEODORIDES, T.N. 1981. Effect of temperature on total nitrogen distribution in *Pennisetum americanum*. Australian Journal of Plant Physiology 8: 201-210.
- THURMAN, R.L., O.T. STALLCUP, y C.E. REAMES. 1960. Quality factors of sorgo as silage crop. Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull. 632.
- THURMAN, R.L., O.T. STALLCUP, y A.R. SILER. 1964. Leafage in sorgos for silage. Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull. 685.
- TILLEY, J.M.A. y R.A. TERREY. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion forage crops. J. Brit. Grassld. Soc. 18: 104.
- TOMAR, P.S., A.S. HARIKA, y T.K. GANGULY. 1985. Plant density studies in forage hybrid pearl millet. Forage Research 11(1): 77-78.
- TOMLIN, D.C., R.R. JOHNSON, y B.A. DEHORITY. 1965. Relationship of lignification to in vitro cellulose digestibility of grasses and legumes. J. Animal Sci. 24: 161-165.
- TYAGY, I.D., M. SINGH, y R.K. DIXIT. 1980. Component analyses for green-fodder yield in pearl millet. Indian Journal of Agricultural Sciences 50(9): 645-649.
- UMRANI, N.K., C.B. PATIL, y K.B. CHAVAN. 1982a. Effect of improved dry farming components of pearl millet. MILWAI Newsletter 1:4.
- UMRANI, N.K., C.B. PATIL, y K.B. CHAVAN. 1982b. Effect of nitrogen, plant density and row spacing in pearl millet under dryland condition. MILWAI Newsletter 1: 4.
- UMRANI, N.K., S.Y. DAFTARDAR, C.B. PATIL, y R.B. WALUJKAR. 1983. A note on the effect of inter row spacing plant density and nitrogen application on pearl millet. BJ-104 under scanty rainfall conditions. Annals of Arid Zone 22(2): 173-175.
- VAN SOEST, P.J. 1962. The estimation of forage protein digestibility and determination of effects of heat drying upon forages by means of the nitrogen content of the acid detergent fiber. J. Dairy Sci. 45: 664 [Abstract].
- VAN SOEST, P.J. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures: New chemical procedures for evaluating forages. J. Anim. Sci. 23: 838-845.
- WAITE, R. 1958. The water-soluble carbohydrates of grasses. IV. The effects of different levels of fertilizer treatment. J. Sci. Food Agr. 9: 39-43.
- WAITE, R. 1970. The structural carbohydrate and the in vitro digestibility of a Rye grass and a cooksfoot at two levels of nitrogenous fertilizer. J. Agr. Sci. 74: 457-462.
- WALDO, D.R. 1968. Symposium: Nitrogen utilization by the ruminant. Nitrogen metabolism in the ruminant. J. Dairy Sci. 51: 265-275.
- WARD, G.M. 1959. Effect of soil fertility upon yield nutritive value of forages. A review. J. Dairy Sci. 42: 277-297.
- WEBSTER, J.E., J.W. HOGAN, y W.C. ELDER. 1965. Effect of rate of ammonium nitrate fertilization and time of cutting upon selected chemical components and the in vitro rumen digestion of Bermudagrass forage. Agro. Jour. 57: 323-325.

- YOUNGQUIST, J.B. 1989. Maximizing crop production in Botswana during years of drought. Dissertation Abstracts International, B (Sciences and Engineering) 49(7): 2428B.
- YUDINA, E.V. 1982. [Growing Panicum millet for green fodder in Leningrad province.] (Ru). Byulleten' Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhby Narodov. Instituta Rasteniyevodstva Imeni N.I. Vavilova. 116: 21-24. (Summary).



## T A B L A S

Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados en los seis experimentos de este estudio\*.

---

Ciclo de siembra: P88-R y P88-T

Identificación	Número de tratamientos
P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, y 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	3 (Mijo Perla cvs. 1. Complejo Poblacional, 2. Tifleaf, 3. 3-Mil-X)

---

Ciclo de siembra: O88-R y O88-T

P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	4 (1. Complejo Poblacional, 2. Tifleaf, 3. 3-Mil-X; Sorgo cv. Beefbuilder)

---

Ciclo de siembra: P89-R y P89-T

P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	3 (Mijo perla cvs. 1. Complejo Poblacional, 2. Graze King; 3. Zacate Sudán cv. Sugar Supreme).

---

\* Ciclos de siembra: P=primavera; O=otoño.

\* Condición de cultivo: R=riego; T=temporal

\* Para propósitos de identificación de los tratamientos en las tablas 22-30, la columna 1 es población P; la columna 2 es dosis de nitrógeno F; y la columna 3 es genotipo G.



Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados en los seis experimentos de este estudio\*.

---

Ciclo de siembra: P88-R y P88-T

Identificación	Número de tratamientos
P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, y 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	3 (Mijo Perla cvs.1.Complejo Poblacional, 2.Tifleaf, 3.3-Mil-X)

---

Ciclo de siembra: O88-R y O88-T

P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	4 (1.Complejo Poblacional, 2.Tifleaf 3.3-Mil-X; Sorgo cv.Beefbuilder)

---

Ciclo de siembra: P89-R y P89-T

P Población de plantas/ha	3 (100,000, 175,000, 250,000)
F Dosis de nitrógeno, KgN/ha	2 (0, 100)
G Genotipos	3 (Mijo perla cvs.1.Complejo Poblacional, 2.Graze King; 3.Zacate Sudán cv.Sugar Supreme).

---

\* Ciclos de siembra: P=primavera; O=otoño.

\* Condición de cultivo: R=riego; T=temporal

\* Para propósitos de identificación de los tratamientos en las tablas 22-30, la columna 1 es población P; la columna 2 es dosis de nitrógeno F; y la columna 3 es genotipo G.

Tabla 3. Comportamiento de tres cultivares de mijo perla en dos diferentes ciclos de cultivo, bajo condiciones de riego.

Variables	Complejo Poblacional		Tifleaf		3-Mil-X	
	P 88-R	O 88-R	P 88-R	O 88-R	P 88-R	O 88-R
Altura, cm	131.48	173.00	100.71	134.90	100.37	135.50
Diam., mm	8.91	10.08	8.62	10.04	8.47	10.25
No. hojas	6.62	6.97	6.95	6.47	----	6.32
No. hijuel	2.61	3.75	5.42	5.08	5.02	4.47
No. entre	6.49	6.06	4.23	4.99	4.11	4.76
Hoj/tall	0.607	0.209	0.862	0.299	1.115	0.373
RMV, t/ha	20.819	24.318	19.874	22.076	16.635	19.045
RMS, t/ha	4.857	6.458	4.483	4.710	3.623	4.185
Ceniza, %	10.76	5.57	11.23	9.07	11.03	9.45
PC, %	11.63	9.07	14.54	11.59	15.00	11.66
FND, %	74.80	68.25	66.27	68.41	67.85	67.38
FAD, %	38.30	32.74	33.95	32.27	35.13	34.89
Lignina, %	6.32	5.52	4.37	5.76	5.42	5.74
Ca, %	0.565	0.259	0.570	0.323	0.610	0.329
P, %	0.050	0.035	0.075	0.043	0.075	0.050
DIVMS	58.15	60.98	59.25	59.12	58.05	58.60
DIVMO	58.93	76.46	60.10	75.10	59.62	74.37



Tabla 4. Comportamiento de tres cultivares de mijo perla en dos ciclos de cultivo, bajo condiciones de temporal.

Variables	Complejo Poblacional		Tifleaf		3-Mil-X	
	P 88-T	O 88-T	P 88-T	O 88-T	P 88-T	O 88-T
Alt, cm	88.29	174.99	68.25	135.61	80.64	140.15
Diam, mm	6.90	10.60	6.29	11.20	6.18	11.30
No. hojas	6.68	6.97	5.15	6.72	5.45	6.67
No. hijuel	2.60	3.22	4.47	4.53	3.64	4.61
No. entre	4.80	5.38	2.89	4.02	3.31	3.92
Hoj/tall	1.187	0.366	2.250	0.615	1.715	0.591
RMV, t/ha	9.839	19.331	8.271	18.511	8.338	18.202
RMS, t/ha	2.619	4.809	2.020	4.181	2.194	3.645
Ceniza, %	9.15	7.46	8.43	9.60	9.35	10.27
PC, %	20.52	8.82	19.10	10.15	21.28	11.44
FND, %	63.35	66.83	64.93	68.37	64.39	69.54
FAD, %	30.83	30.94	33.26	35.79	30.55	36.78
Lignina, %	4.46	4.42	4.91	3.84	4.89	5.09
Ca, %	0.340	0.231	0.327	0.274	0.369	0.283
P, %	0.074	0.047	0.068	0.060	0.077	0.055
DIVMS, %	59.51	55.03	58.71	53.97	59.77	54.78
DIVMO, %	67.09	68.06	65.40	68.04	66.20	68.50

Tabla 5. Comportamiento de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de riego y temporal.

Variables	Complejo Poblac		Tifleaf		3-Mil-X	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal
Altura, cm	146.54	116.02	117.80	101.93	117.93	110.39
Diámetro, mm	10.36	9.32	9.33	8.74	9.36	8.74
No. hojas	7.34	7.07	6.71	5.93	6.32	6.06
No. hijuel	2.87	2.70	5.25	4.50	4.74	4.12
No. entren	5.78	4.51	4.61	3.45	4.43	3.61
Hoja/tallo	.516	1.039	.580	1.432	.744	1.153
RMV, t/ha	22.927	14.559	20.975	13.391	17.840	13.270
RMS, t/ha	6.248	3.677	4.596	3.100	3.904	2.919
Ceniza, %	8.49	8.90	10.15	9.01	10.26	9.81
PC, %	10.72	14.44	13.06	14.62	13.33	16.36
FND, %	69.59	68.83	67.33	66.65	67.61	66.96
FAD, %	36.08	30.82	33.11	34.52	35.01	33.66
Lignina, %	5.38	3.73	5.06	4.37	5.57	4.99
Ca, %	.386	.317	.446	.300	.469	.326
P, %	.045	.058	.059	.064	.062	.065
DIVMS, %	58.59	59.58	59.18	56.34	58.32	57.27
DIVMO, %	68.43	71.84	67.60	66.72	66.99	67.35



TABLA 6. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Variable altura del tallo principal\*.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	36395.1**	79.83	58907.3**	26503.8**	12291.**
R/ EXP	2075.6**	218.37	552.03	1947.7**	679.95
P	840.85	206.92	1040.77	201.42	649.96
E x P	42.30	69.31	210.78	741.48	541.84
Error (a)	384.24	780.42	1170.18	389.43	1164.99
T	3402.8**	21886.3**	3695.1**	2617.8**	892.**
F	0.24	6265.6**	94.25	1.60*	131.48
G	2699.0**	5385.8**	2469.0**	2648.2**	648.8*
F x G	5807.8**	40256.4**	6721.6**	3895.6**	1515.**
P x T	84.40	137.17	52.26	80.88	90.99
P x F	1.50	2627.3**	17.44	31.94	42.22
P x G	88.80	672.9**	72.06	93.06	53.03
P x F x G	121.45	1350.6**	49.86	93.18	153.34
E x T	671.2**	69.36	965.5**	3419.4**	1806.**
E x F	34.52	0.09	346.27	58.27	283.92
E x G	408.12	405.08	713.00	1952.2**	1040.**
E x F x G	1252.5**	217.50	1527.7**	6567.1**	3332.**
P x T x E	74.67	97.54	186.52	101.87	124.11
P x F x E	75.57	1465.2**	376.37	206.20	190.52
P x G x E	51.96	484.42*	77.01	69.21	74.53
PxFxGxE	96.93	898.6**	201.12	82.36	140.49
Error (b)	137.55	185.38	279.22	243.56	173.31

\* Para las Tablas 6-13: E= experimentos; R= repetición; P= población; T= tratamiento (F, G, FxG); F= fertilización; G= genotipos; RvsT= riego contra temporal.

TABLA 7. Cuadrados medios de los MANEJOS para los tres ciclos de cultivo: Diámetro de tallo principal.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	175.6**	0.61*	30.62*	270.6**	584.0**
R/ EXP	17.1**	0.08	1.83	14.27*	4.68
P	0.43	0.02	0.83	1.82	1.22
E x P	1.05	0.16	1.69	0.20	0.76
Error (a)	2.34	0.07	4.25	4.26	2.34
T	2.3**	1.0**	52.5**	8.6**	22.0**
F	2.35	2.2**	0.02	0.11	4.1*
G	1.18	0.9**	43.9**	8.0**	16.6**
F x G	3.4**	0.5**	87.4**	13.6**	36.3**
P x T	0.55	0.03	1.46	0.93	0.61
P x F	1.06	0.3**	1.00	1.27	0.80
P x G	0.17	0.06	1.41	0.94	0.16
P x F x G	0.68	0.1**	1.74	0.74	0.98
E x T	0.40	0.02	7.6**	8.9**	23.3**
E x F	0.02	0.09	6.25	4.07	0.40
E x G	0.18	0.03	3.06	7.5**	16.2**
E x F x G	0.82	0.02	12.8**	12.7**	41.8**
P x T x E	0.85	0.03	0.16	0.39	1.10
P x F x E	0.16	0.07	0.03	0.18	0.01
P x G x E	1.24	0.05	0.11	0.35	1.48
PxFxGxE	0.81	0.06	0.28	0.53	1.27
Error (b)	0.65	0.03	1.54	1.27	0.92



TABLA 8. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Número de hojas.

FUENTES	CM P-88	CM O-88	CM P-89	CM R	CM T
VARIACION	R vs T	R vs T	R vs T	P88vsP89	P88vsP89
E	38.13**	3.44	17.85**	57.38**	90.73**
R/EXP	6.94**	0.91	1.90	6.43*	2.41
P	1.09	0.38	1.09	1.23	0.73
E x P	1.37	0.63	0.56	0.30	1.85
Error (a)	1.16	0.87	1.41	1.41	1.16
T	17.36**	34.32**	25.90**	14.01**	14.03**
F	1.89	58.88**	0.10	0.21	1.50*
G	7.34**	20.87**	15.66**	7.24**	7.86**
F x G	35.11**	36.99**	49.03**	27.68**	26.46**
P x T	0.41	0.17	0.60	0.43	0.14
P x F	0.10	1.51*	0.03	0.27	0.06
P x G	0.18	1.07**	0.58	0.50	0.18
P x F x G	0.80	1.95**	0.90	0.44	0.15
E x T	1.21	0.51	0.45	9.37**	7.50**
E x F	0.00	1.19	0.65	0.92	0.01
E x G	0.10	1.12	0.13	2.73*	5.41**
E x F x G	2.91*	0.55	0.67	20.25**	13.34**
P x T x E	0.24	0.18	0.38	0.81	0.26
P x F x E	0.50	1.86**	0.44	0.50	0.24
P x G x E	0.14	0.87*	0.26	0.21	0.27
PxFxGxE	0.22	1.82**	0.47	1.56	0.24
Error (b)	0.62	0.38	0.49	0.77	0.34

Tabla 9. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Número de hijuelos.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	18.85**	2.85	2.53	132.63**	76.85**
R/EXP	2.16	6.92**	2.87	2.53	2.50
P	3.95	0.17	0.57	4.47	0.25
E x P	2.70	0.29	0.25	2.64	0.11
Error (a)	1.39	0.93	1.43	1.42	1.39
T	30.16**	102.06**	0.35	13.53**	5.67**
F	0.21	103.19**	0.77	0.01	1.48
G	16.61**	66.65**	0.17	11.15**	1.33
F x G	58.69**	127.43**	0.34	22.67**	12.10**
P x T	1.02	0.62	0.45	1.46	1.12*
P x F	2.18	6.77**	0.25	2.91*	2.51**
P x G	1.01	3.15**	0.59	1.46	1.47*
P x F x G	0.46	9.05**	0.42	0.72	0.06
E x T	2.50*	1.00	0.60	9.19**	5.22**
E x P	0.46	1.40	0.18	0.11	0.01
E x G	2.79	3.15**	0.69	5.22**	2.55**
E x F x G	3.24*	0.56	0.71	17.71**	10.50**
P x T x E	1.76	0.71	0.68	0.82	0.52
P x F x E	3.58*	11.54**	0.76	0.34	1.02
P x G x E	2.39*	4.43**	0.61	1.25	0.40
PxFxGxE	0.21	4.48**	0.71	0.64	0.38
Error (b)	0.96	0.70	0.35	0.81	0.50



TABLA 10. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Número de entrenudos.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88-P89	CM T P88-P89
E	58.14**	18.32**	33.25**	21.78**	7.89*
R/EXP	4.33*	6.98**	9.24**	3.90**	9.67**
P	2.09	0.23	0.21	1.59	0.05
E x P	1.82	1.62	1.35	0.88	2.94
Error (a)	0.87	1.30	1.31	0.72	1.46
T	26.05**	38.69**	3.44**	17.53**	7.42**
F	0.04	29.23**	0.01	0.47	0.95
G	15.96**	9.54**	1.86*	10.09**	5.09**
F x G	49.15**	66.24**	6.74**	33.50**	12.98**
P x T	0.44	0.67	0.38	0.41	0.40
P x F	0.04	1.31	0.37	0.10	0.03
P x G	0.57	1.03*	0.53	0.94	0.42
P x F x G	0.50	1.82**	0.23	0.04	0.55
E x T	1.06	1.42**	1.42**	3.40**	3.63**
E x F	0.15	2.28*	1.60	0.23	0.15
E x G	0.53	1.17	0.39	2.13*	1.43*
E x F x G	2.04*	2.25**	2.36**	6.25**	7.57**
P x T x E	0.20	0.39	0.74	0.64	0.30
P x F x E	0.59	3.40**	0.41	0.92	0.35
P x G x E	0.15	2.00**	1.39*	0.83	0.46
PxFxGxE	0.04	2.66**	0.25	0.31	0.12
Error (b)	0.59	0.47	0.42	0.58	0.44

TABLA 11. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Tasa hoja-tallo.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	26.36**	1.11*	6.99**	1.53**	13.92**
R/EXP	0.53	0.32	0.09	0.37	0.25
P	0.29	0.29	0.23	0.15	0.35
E x P	1.39	0.03	0.34	0.73*	1.02
Error (a)	1.00	0.17	0.17	0.13	1.04
T	2.77**	0.35	1.11**	0.35*	0.84
F	0.56	0.04	0.15	0.29	0.03
G	4.01**	0.38	0.69**	0.08	1.46
F x G	2.63*	0.33	2.01**	0.64**	0.62
P x T	0.85	0.18	0.11	0.18	0.65
P x F	1.95	0.18	0.22	0.40*	0.68
P x G	0.91	0.12	0.05	0.06	1.19
P x F x G	0.23	0.18	0.12	0.19	0.10
E x T	1.66*	0.24	0.63**	0.47**	4.52**
E x F	0.04	0.50	0.28	0.16	0.54
E x G	3.10*	0.17	0.30*	0.20	6.36**
E x F x G	1.04	0.18	1.14**	0.89**	4.67**
P x T x E	0.65	0.23	0.08	0.15	0.70
P x F x E	0.51	0.05	0.12	0.47**	1.24
P x G x E	0.88	0.29	0.07	0.07	0.58
PxFxGxE	0.49	0.18	0.07	0.06	0.56
Error (b)	0.65	0.19	0.08	0.11	0.61



TABLA 12. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Rendimiento de materia verde, t/ha.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	3814.78**	563.26**	1461.83**	100.55	1126.11**
R/EXP	144.06*	85.68	4.45	108.86	39.65
P	12.93	55.91	69.71*	12.41	12.37
E x P	12.21	54.34	2.91	39.58	33.41
Error (a)	29.59	56.81	17.51	27.61	19.48
T	39.14**	2081.90**	399.90**	164.50**	57.58**
F	0.23	4215.09**	58.48	101.05*	3.70
G	27.36*	1465.03**	246.87**	82.11*	22.54
F x G	70.36**	26.39	723.55**	278.62**	119.55**
P x T	8.42	26.39	48.19*	19.55	46.58**
P x F	5.01	399.72**	18.11	14.60	10.66
P x G	7.46	223.01**	67.46*	25.99	36.67*
P x F x G	11.09	195.95**	44.00	15.57	74.46**
E x T	21.80*	47.54	58.32*	237.97**	59.10**
E x F	33.09	31.97	38.78	14.60	11.21
E x G	5.87	74.48	52.63	179.43**	48.65*
E x F x G	32.08*	37.29	73.77*	408.20**	93.50**
P x T x E	7.52	22.04	33.54	15.00	16.55
P x F x E	7.32	279.63**	3.63	0.61	8.21
P x G x E	6.26	83.13*	20.30	20.20	18.66
PxFxGxE	8.88	314.22**	61.72*	17.00	18.62
Error (b)	8.60	33.00	21.86	17.03	13.43

TABLA 13. Cuadrados medios de los análisis combinados para los tres ciclos de cultivo: Rendimiento de materia seca, t/ha.

FUENTES VARIACION	CM P-88 R vs T	CM O-88 R vs T	CM P-89 R vs T	CM R P88vsP89	CM T P88vsP89
E	154.56**	82.71**	321.22**	316.88**	151.55**
R/EXP	13.21**	4.61	1.96	10.33**	3.84
P	0.76	3.41	7.46*	1.19	1.27
E x P	0.16	1.04	0.10	3.11	2.90
Error (a)	2.45	5.32	1.71	1.95	2.21
T	3.23*	81.46**	41.07**	13.66**	6.14**
F	0.37	121.48**	2.82	3.36	0.57
G	1.27	29.22**	42.32**	13.24**	7.19**
F x G	6.61**	123.92**	59.03**	19.23**	7.88**
P x T	1.75	1.13	7.41	2.49	5.53**
P x F	0.07	13.02**	6.38	2.17	2.88
P x G	3.11	9.67**	6.41	4.55	4.18*
P x F x G	1.23	10.11**	8.92	0.60	8.20**
E x T	1.93	6.06**	7.86	26.08**	8.20**
E x F	0.64	1.77	3.22	2.69	0.42
E x G	0.19	10.70**	7.67	18.34**	12.65**
E x F x G	4.31*	9.28*	10.36	45.51**	7.65**
P x T x E	0.97	2.60	3.83	3.19**	2.75*
P x F x E	0.65	12.64**	0.68	1.77	0.96
P x G x E	0.84	9.33**	3.24	2.61	2.27
PxFxGxE	1.26	18.86**	5.98	4.49	4.12*



TABLA 14. Comportamiento del mijo perla cv. Complejo poblacional en diferentes ciclos de cultivo, bajo condiciones de riego.

Variables	Primavera 1988	Otoño 1988	Primavera 1989
Altura, cm	131.48	173.00	135.30
Diámetro, mm	8.91	10.00	12.10
No. hojas	6.62	6.97	8.43
No. hijuelos	2.61	3.75	2.26
No. entrenudos	6.40	6.06	4.80
Hoja/tallo	.607	.209	.732
RMV, t/ha	20.819	24.318	23.644
RMS, t/ha	4.857	6.450	7.429
Ceniza, %	10.76	5.57	9.11
PC, %	11.63	9.07	11.46
FND, %	74.80	68.25	65.71
FAD, %	38.30	32.00	37.19
Lignina, %	6.32	5.50	4.31
Ca, %	.565	.259	.333
P, %	.050	.035	.052
DIVMS, %	58.15	60.98	56.64
DIVMO, %	58.93	76.00	69.91

TABLA 15. Comportamiento del mijo perla cv. Complejo Poblacional en diferentes ciclos de cultivo, bajo condiciones de temporal.

Variables	Primavera 1988	Otoño 1988	Primavera 1989
Altura, cm	88.29	174.99	84.79
Diámetro, mm	6.90	10.60	10.47
No. hojas	6.65	6.97	7.55
No. hijuelos	2.60	3.22	2.27
No. entrenudos	4.80	5.38	3.34
Hoja/tallo	1.187	.366	1.563
RMV, t/ha	9.839	19.331	14.508
RMS, t/ha	2.619	4.809	3.603
Ceniza, %	9.15	7.46	10.09
PC, %	20.52	8.83	13.98
FND, %	63.35	66.83	64.320
FAD, %	30.83	30.94	30.70
Lignina, %	4.46	4.42	2.32
Ca, %	.340	.231	0.379
P, %	.074	.047	.052
DIVMS, %	59.59	55.03	64.20
DIVMO, %	67.09	68.06	80.37



Tabla 16. Correlación entre algunas variables biológicas y el valor nutricional del forraje de mijo perla bajo condiciones de riego en tres ciclos de cultivo.

Ceniza	(+): NH <sub>1</sub> , H/T. (+): Ca.	(-): NH <sub>0</sub> , NE, RMV, RMS. (-): FND, Lignina, P, DIVMS.
P.C.	(-): Alt, NH <sub>0</sub> , NE. (+): Ca, P, DIVMS, DIVMO.	(-): FND, FAD, Lignina.
FND	(+): H/T, RMV, RMS. (+): FAD.	(-): Alt, NE. (-): PC, Ca, P, DIVMS, DIVMO.
FAD	(+): H/T. (+): FND.	(-): NH <sub>1</sub> , NE. (-): Ceniza, PC.
Lignina	(+): Alt, NH <sub>0</sub> , NE. (+): FAD.	(+): NH <sub>1</sub> (-): Ceniza, PC.
Ca	(+): NH <sub>1</sub> , H/T, RMS. (+): Ceniza, PC, DIVMO.	(-): Alt. (+): FAD, Lignina
P	(+): Alt. (+): PC.	(-): D, NH <sub>0</sub> , NE. (-): Ceniza, FND, Lignina.
DIVMS	(+): NH <sub>1</sub> , NE. (+): PC, DIVMO.	(+): Alt, NH <sub>0</sub> . (-): Ceniza, FND, FAD.
DIVMO	(+): Alt, NH <sub>0</sub> , NH <sub>1</sub> . (+): PC, Ca, DIVMS.	(-): NDF, ADF.

Tabla 17. Correlación entre algunas variables biológicas y el valor nutricional del forraje de Mijo perla bajo condiciones de temporal en tres ciclos de cultivo.

Ceniza	(+): Alt, RMV, RMS. (+): DIVMS, DIVMO.	(-): NHO. (-): PC, FAD, P.
PC	(+): D, NHO, RMV. (+): Ca, P.	(-): RMS.
FND	(+): NHI, NE. (+): FAD, DIVMO.	(-): H/T. (+-): RMS. (-): Ca.
ADF	(+): D. (+): FND, DIVMO.	(-): NHI, NE.
Lignina	(+): RMS. (+): P, DIVMS.	(-): Alt, NE, H/T. (+-): RMV. (-): Ceniza. (+-): DIVMO.
Calcio	(+): Alt, D. (+): PC.	(-): RMV, RMS. (+-): NHO, NHI (-): FND, P, DIVMS, DIVMO.
Fósforo	(+): RMV. (+): PC, Lignina.	(-): Alt, NHO, NHI. (-): Ca, DIVMO. (+-): DIVMS.
DIVMS	(+): NE, H/T, RMS. (+): Ceniza, Lignina, DIVMO	(-): D. (+-): RMV. (-): Ca. (+-): P.
DIVMO	(+): Alt, RMV. (+): Ceniza, FND, DIVMS.	(-): NHO, H/T. (+-): NE, RMS. (-): Ca, P. (+-): Lignina.



TABLA 18. Correlación entre caracteres morfológicos con el rendimiento de forraje de tres cultivares de mijo perla cultivado bajo diferentes condiciones de humedad en tres diferentes ciclos de cultivo.

CONDICIONES DE RIEGO							
Variable	Complejo Poblacional		Tifleaf		3-Mil-X		
	P-88	O-88	P-89	P-88	O-88	P-88	O-88
Altura							
RMS	.788**	.190	.068	.452*	.320	.798*	.610**
RMV	.843**	.360*	.479**	.741**	.340*	.781**	.480*
Diámetro							
RMS	-.593*	-.160	.063	-.014	.410*	.075	.300
RMV	-.458**	.050	.335*	.103	.410*	.139	.430*
Número de hojas							
RMS	.154	.130	-.185	.053	.680**	.290	.280
RMV	.260	.310	.361*	.239	.560**	.210	.010
Número de hijuelos							
RMS	-.442*	.100	-.234	-.065	.170	.229	-.440**
RMV	-.272	-.040	-.159	.249	.260	.271	-.220
Número de entrenudos							
RMS	.747**	.190	.065	.240	.020	.567**	.250
RMV	.767**	.180	.393*	.311	.270	.397*	.080
CONDICIONES DE TEMPORAL							
Altura							
RMS	.812**	-.082	.736**	.496**	.089	.479**	-.030
RMV	.832**	.009	.795**	.522**	.308	.588**	.208
Diámetro del tallo							
RMS	.425**	.475**	.463**	.389*	.088	.448**	.540**
RMV	.532**	.398*	.509**	.537**	-.073	.575**	.238
Número de hojas							
RMS	.631**	-.330	.361*	.508**	-.029	.158	.257
RMV	.515**	-.439	.467**	.592**	-.023	.353*	.265
Número de hijuelos							
RMS	.506**	.237	.117	.414*	.041	.128	.366
RMV	.453**	.188	.023	.456**	-.144	.228	.411*
Número de entrenudos							
RMS	.575**	-.377	.305	.382*	-.208	.190	-.259
RMV	.574**	-.243	.548**	.519**	-.264	.384*	-.142

Tabla 19. Ecuaciones generales de predicción del RMS para los genotipos de mijo perla para cada uno de los experimentos.

---

Experimento: P88-T

$$Y = 0.7179 + 0.2886X_7 - 0.1666X_6 - 0.1057X_2$$

$$R^2 = 0.8886$$


---

Experimento: P88-R

$$Y = 1.2742 + 0.2611X_7 - 0.1382X_4 - 0.1544X_2$$

$$R^2 = 0.6470$$


---

Experimento O88-T

$$Y = 1172.55 + 0.1835 X_7 - 723.3938X_6$$

$$R^2 = 0.5846$$


---

Experimento: O88-R

$$Y = -3499.276 + 0.2418X_7 + 21.4655X_1 - 1066.978X_2 + 189.7011X_3$$

$$R^2 = 0.7999$$


---

Experimento: P89-T

$$Y = 2.275429 + 0.2992X_7 + 0.3588X_6$$

$$R^2 = 0.7746$$


---

Experimento: P89-R

$$Y = 14.718 + 2.9538X_2 + 5.1268X_6 - 0.0979X_7$$

$$R^2 = 0.2843$$


---

\* Para las Tablas 19-21, la identificación de las variables (X) es como sigue: 1. altura, 2. diámetro, 3. No. hojas, 4. No. hijuelos, 5. No. entrenudos, 6. Hoja/tallo, 7. RMV, t/ha, 8. RMS, t/ha, 9. M.S., %, 10. H.O., %, 11. Ceniza, %, 12. PC, %, 13. FND, %, 14. FAD, %, 15. Lignina, %, 16. Calcio, %, 17. Fósforo, %, 18. DIVMS, %, 19. DIVMD, %.



Tabla 20. Ecuaciones individuales de regresión para la predicción del RMS para los genotipos de mijo perla, para cada experimento.

---

**Experimento: P-88 T**

	$R^2$
$G_1: Y = 0.0588 + 0.2962X_7 - 0.5247X_4$	0.8682
$G_2: Y = -0.2615 + 0.2387X_7$	0.3316
$G_3: Y = -0.4536 + 0.1948X_7 + 0.2030X_5$	0.8555

**Experimento: P-88 R**

$G_1: Y = -0.9755 + 0.2632X_7 + 0.2830X_3 - 0.1281X_2$	0.9441
$G_2: Y = -0.5710 + 0.3184X_7$	0.8668
$G_3: Y = 1.2324 + 0.2906X_7 - 0.2750X_5 - 0.2976X_6$	0.9179

**Experimento O-88 T**

$G_1: Y = 2043.155 + 0.1881X_7 - 2377.468X_6$	0.5943
$G_2: Y = 2943.935 + 0.2110X_7 - 19.67190X_1$	0.8177
$G_3: Y = -3225.860 + 0.1384X_7 + 3891.747X_2$	0.6003
$G_4: Y = 1344.927 + 0.1503X_7 - 2038.782X_6 + 31.9169X_5 - 1566.905X_2$	0.8816

**Experimento: O-88 R**

$G_1: Y = -576.2995 + 0.2895X_7$	0.7102
$G_2: Y = -3991.0180 + 0.1857X_7$	0.7225
$G_3: Y = 1020.3450 + 0.1769X_7 - 365.1503X_4 + 300.3171X_5$	0.8602
$G_4: Y = -6720.0370 + 0.2773X_7 + 612.8518X_5$	0.7863

**Experimento: P-89 T**

$G_2: Y = -19.9148 + 0.6033X_1$	0.3754
$G_3: Y = -23.8414 + 19.8728X_2 - 22.8769X_5$	0.4141

**Experimento: P-89 R**

$G_1: Y = -1.5828 + 0.2505X_7 - 0.3244X_5 + 0.0239X_1 + 0.3872X_6$	0.9136
$G_2: Y = -2.6535 + 0.3500X_7 + 0.6650X_3 - 0.6446X_4$	0.9029
$G_3: Y = 2.8683 + 0.3027X_7 - 0.2099X_2$	0.9013

---

Tabla 21. Condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo del estudio. (Fuente: Estación climatológica FAUANL, Marín, N.L.)

	1988									1989			
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	MAR	ABR	MAY	JUN
TMMa	28	31	36	35	36	34.6	32	29	29	30.5	33	-	-
TMMi	10	15	19.5	19	23	22	20	16	10	10	15	36	36
TMM	19	23	28	27	29.5	28	26	22	20	20	24	21	22
OMM	17	16	13	13.6	13	13	11.6	13	18	20.5	18	28.5	30
TEMa	37	42	42	45	39	40	34	36	38	42	43	22	15
TEMi	2	7	16	17	20	19	13	11	1	-4	8	41	41
HRPD	50	64	62	63	66	68	68	71	57	53	59	17	18
ET	202	206	208	214	198	148	133	111	115	182	167	183	125
EPD	6.5	6.7	6.7	7.1	6.4	4.8	4.4	3.6	3.8	5.9	5.5	5.9	4.1
PPT	0	23	30	49	66	160	145	15	0	0	11	4	5
ITM	205	204	219	190	241	242	161	200	241	268	164	163	160
PDI	6.6	6.1	7.0	6.0	7.1	7.1	5.6	9.0	8.0	8.0	5.8	5.4	5.2

TMMa (Temperatura media máxima); TMMi (Temperatura media mínima; TMM (Temperatura media mensual); OMM (Oscilación media mensual); TEMa (Temperatura extrema máxima); TEMi (Temperatura extrema mínima); HRPD (Humedad relativa promedio diario; ET (Evaporación total); EPD (Evaporación promedio diario; PPT (Precipitación total); ITM (Insolación total mensual); PDI (Promedio diario de insolación)



TABLA 22. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de riego: Ciclo Primavera 1988 (P-88R)

TRT	Alt., cm	Diam., mm	No. hojas	No. hijue	No. entre	Hoja Tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	125.37	9.00	7.77	2.90	6.02	.921	18.353	3.681
112	96.02	9.07	5.85	6.55	4.12	.883	20.272	3.638
113	98.00	9.15	6.10	4.6	3.87	1.890	14.176	3.248
121	130.52	8.35	8.10	2.87	6.47	.561	21.059	5.328
122	95.42	8.57	6.00	6.15	4.15	1.132	18.999	5.703
123	97.92	7.52	6.20	5.57	4.15	.839	17.845	3.776
211	127.62	9.42	7.80	2.52	6.05	.643	20.627	4.715
212	100.40	8.50	5.72	4.60	4.15	.838	20.632	4.688
213	103.35	8.85	6.10	5.97	3.72	1.003	18.257	3.716
221	123.82	9.02	7.80	2.85	6.30	.655	21.949	4.898
222	99.07	9.05	6.62	6.05	4.25	1.107	20.003	4.080
223	97.65	8.72	6.05	5.02	3.90	.907	17.273	3.769
311	141.35	8.77	8.27	2.10	7.22	.458	21.545	5.517
312	106.62	8.22	6.00	4.87	4.40	.755	19.981	4.547
313	105.57	8.15	6.00	4.37	4.77	.849	15.995	3.839
321	140.22	8.90	8.42	2.40	6.87	.405	21.386	5.003
322	106.72	8.27	7.50	4.32	4.32	.458	19.361	4.245
323	99.75	8.40	5.9	4.57	4.22	1.205	16.267	3.389

\* Para las tablas 22-33 la identificación de los tratamientos es como sigue:  
columna 1 indica población (1. 100,000; 2. 175,000; 3. 250,000 plantas/ha)  
columna 2 indica dosis de N (1.0; 2. 100 kgN/ha)  
columna 3 indica genotipo (ver Tabla 2 para su identificación).

TABLA 23. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de riego: Ciclo Primavera 1988 (P-88 R).

TRT	Cen., %	PC, %	FND, %	FAD, %	Ligni- na, %	Ca, %	P, %	DIVMS, %	DIVMO, %
111	11.1	11.0	75.7	35.5	6.0	0.54	0.05	60.5	60.1
112	12.1	15.5	66.8	29.0	3.1	0.64	0.08	60.3	60.1
113	11.3	15.6	68.8	34.0	4.3	0.61	0.06	59.2	59.9
121	10.4	12.3	72.1	35.8	7.0	0.60	0.04	60.5	60.9
122	10.9	15.8	67.7	34.1	3.0	0.57	0.08	60.8	61.5
123	12.0	16.0	67.7	34.3	3.8	0.60	0.07	60.4	62.0
211	11.4	12.3	74.0	40.0	6.0	0.58	0.05	57.1	58.7
212	11.2	14.7	69.0	35.5	5.4	0.55	0.09	56.7	56.1
213	10.0	15.0	71.5	36.0	5.1	0.57	0.08	55.2	57.8
221	11.2	12.7	74.4	38.9	5.4	0.59	0.06	58.6	60.1
222	11.7	12.7	67.7	33.0	4.1	0.59	0.06	61.2	61.1
223	13.0	15.4	71.0	37.0	4.7	0.65	0.07	58.5	58.1
311	10.5	8.7	77.9	40.9	6.7	0.52	0.05	54.2	54.0
312	11.0	14.0	62.4	34.1	5.0	0.55	0.06	56.1	58.7
313	10.2	12.4	65.0	35.5	7.7	0.61	0.09	55.0	56.8
321	10.0	12.8	74.7	38.7	6.8	0.56	0.05	58.0	59.8
322	10.5	14.5	64.0	38.0	5.6	0.52	0.08	60.4	63.1
323	9.7	15.6	63.1	34.0	6.9	0.62	0.08	60.0	63.1



TABLA 24. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de temporal: Ciclo Primavera 1988 (P-88T).

TRT	Alt., cm	Diám. mm	No. hojas	No. hijue	No. entre	Hoja tallos	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	81.82	6.77	6.62	2.80	4.57	1.545	8.623	2.378
112	65.87	5.42	4.77	3.95	2.52	2.381	8.121	2.130
113	84.15	6.45	5.67	4.15	3.25	1.211	8.917	2.624
121	84.20	6.80	5.10	2.17	4.12	0.913	7.893	2.179
122	67.72	6.95	4.82	5.35	2.80	2.598	8.985	2.248
123	77.82	6.30	5.20	3.17	3.00	1.373	7.423	2.177
211	87.80	6.62	7.15	2.90	5.05	1.532	9.821	2.787
212	75.52	6.55	5.65	5.45	3.37	1.404	8.283	1.819
213	74.67	6.07	5.60	3.77	3.30	1.877	7.171	1.785
221	84.22	6.62	5.62	2.22	4.77	0.805	8.458	2.160
222	67.15	6.62	5.62	4.60	3.42	2.025	10.309	2.516
223	75.27	5.92	5.55	3.47	3.47	1.638	6.436	1.589
311	94.25	7.50	6.80	2.12	4.97	0.926	12.553	3.263
312	67.37	6.15	4.87	3.45	2.62	2.064	7.740	1.957
313	84.07	6.12	5.37	3.75	3.47	1.135	10.736	2.763
321	97.45	7.10	6.77	3.37	5.30	1.404	11.688	2.951
322	65.87	6.02	5.17	4.05	2.60	3.027	6.185	1.452
323	87.85	6.20	5.30	3.52	3.37	3.057	9.347	2.225

TABLA 25. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de temporal: Ciclo Primavera (P-88 T).

TRT	Cen., %	PC, %	FND, %	FAD, %	Ligni- na, %	Ca, %	P, %	DIVMS, %	DIVMO, %
111	11.1	24.2	63.47	27.54	3.51	.302	.081	62.92	68.75
112	9.2	19.8	64.72	35.33	5.39	.310	.076	57.88	64.07
113	8.2	20.5	66.63	34.23	4.37	.346	.081	60.32	66.29
121	8.0	17.9	66.97	31.73	3.48	.291	.081	57.63	63.83
122	8.5	18.1	66.41	32.41	3.40	.350	.060	61.65	67.95
123	10.4	21.5	62.44	32.44	3.58	.346	.081	61.65	66.23
211	9.8	21.1	60.65	28.36	3.90	.344	.058	58.11	65.89
212	6.3	21.6	63.00	32.13	4.11	.267	.075	62.02	69.54
213	9.6	21.5	67.69	26.40	4.20	.372	.069	61.83	68.18
221	8.6	17.3	67.80	34.04	3.76	.342	.063	59.22	66.78
222	8.6	17.5	67.95	29.34	4.91	.295	.063	58.03	64.38
223	9.7	21.4	63.68	28.89	3.76	.367	.075	54.84	60.62
311	7.5	23.1	58.74	29.29	6.89	.427	.082	60.15	69.08
312	8.7	19.5	62.55	35.20	5.15	.410	.073	57.26	65.06
313	9.5	22.4	60.60	29.39	6.22	.445	.073	60.35	67.67
321	9.9	19.5	62.48	34.03	5.23	.334	.081	59.04	68.24
322	9.3	18.1	64.95	35.18	6.50	.334	.064	55.45	61.38
323	8.7	20.4	65.28	31.94	7.24	.342	.083	59.63	68.19



TABLA 26. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero, bajo condiciones de riego: Ciclo Otoño 1988 (O-88 R).

TRT	Alt., cm	Diám., mm	No. hojas	No. hijue	No. entren	Hoja tallos	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	166.5	10.85	7.0	3.6	5.62	176	21.438	5.390
112	133.8	9.10	6.6	5.1	4.95	305	24.720	5.672
113	136.8	11.90	6.6	4.6	4.57	476	21.696	4.302
114	205.2	14.05	8.8	---	7.37	629	39.145	8.157
121	187.4	11.85	7.3	3.6	6.22	234	27.550	6.598
122	130.6	10.87	6.4	5.3	4.85	374	22.426	4.485
123	133.8	10.35	5.5	4.6	4.45	784	20.604	4.511
124	198.9	14.80	9.0	---	7.35	377	39.437	8.730
211	172.6	9.52	6.7	3.8	5.87	276	23.367	6.872
212	136.1	10.70	6.3	5.2	4.95	282	21.002	4.970
213	137.7	9.37	6.6	4.0	5.05	225	20.033	4.732
214	198.3	14.40	8.8	---	7.25	303	42.652	10.397
221	170.0	9.60	6.7	3.5	6.10	256	22.324	5.475
222	132.9	9.30	6.3	5.6	5.05	345	20.247	4.435
223	125.1	9.55	6.2	5.0	4.3	505	14.857	3.098
224	211.6	13.57	8.9	---	7.32	295	42.687	9.015
311	175.8	9.37	6.9	3.7	6.37	151	25.508	6.915
312	136.8	9.20	6.7	4.9	5.0	258	22.757	4.359
313	140.6	10.75	6.7	4.3	5.25	347	19.128	4.544
314	211.4	13.70	9.1	---	7.32	380	45.425	10.591
321	165.6	9.32	7.2	4.3	6.17	160	25.720	7.503
322	139.0	11.05	6.5	4.4	5.17	232	21.306	4.339
323	138.8	9.60	6.3	4.3	4.92	295	17.955	3.925
324	203.9	14.30	9.3	---	7.02	350	47.083	10.638

TABLA 27. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero bajo condiciones de riego: Ciclo Otoño 1988 (O-88 R).

TRT	Cen., %	PC, %	FND, %	FAD, %	Ligni na, %	Ca, %	P, %	DIVMS, %	DIVMO, %
111	6.80	9.59	63.09	28.31	5.53	.251	.036	61.68	68.82
112	7.29	10.69	69.66	30.39	6.03	.357	.042	59.64	74.93
113	10.24	12.80	68.40	38.96	6.91	.299	.040	55.91	71.15
114	7.38	7.03	73.95	43.61	6.64	.190	.030	53.37	71.07
121	8.08	8.38	75.50	36.87	6.66	.293	.024	57.76	73.88
122	9.28	12.13	68.01	34.82	6.17	.373	.047	57.49	72.55
123	9.55	11.06	72.16	35.20	5.84	.385	.052	56.37	73.23
124	7.23	5.87	76.15	44.94	7.04	.159	.030	51.94	69.17
211	8.58	9.25	66.92	36.41	5.30	.313	.039	61.60	79.64
212	9.55	12.92	70.40	31.84	4.86	.341	.048	61.42	77.96
213	8.80	11.61	68.52	35.35	5.32	.369	.055	56.04	71.44
214	8.11	7.58	71.87	42.23	5.55	.251	.035	54.89	72.58
221	8.58	8.67	68.76	34.94	6.26	.275	.036	58.73	76.76
222	9.56	11.70	65.94	24.39	6.33	.313	.043	61.08	77.08
223	10.00	11.02	73.59	37.43	6.09	.335	.048	52.39	68.16
224	6.88	7.69	69.19	42.22	5.95	.188	.033	54.64	72.00
311	7.64	9.04	67.94	30.18	4.60	.223	.039	59.73	74.34
312	9.48	10.85	67.96	36.46	5.76	.193	.037	55.29	72.16
313	8.78	10.57	58.42	30.67	5.21	.326	.048	66.07	80.60
314	7.08	7.29	70.85	44.04	6.37	.151	.024	52.20	71.36
321	5.77	9.45	67.31	29.72	4.79	.201	.037	66.40	85.33
322	9.21	11.23	68.49	35.40	5.42	.359	.044	59.78	75.91
323	9.31	12.87	63.17	31.74	5.09	.259	.055	64.80	81.66
324	7.66	6.93	70.63	41.63	5.99	.141	.028	54.30	72.27



TABLA 28. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero, bajo condiciones de temporal: Ciclo Otoño 1988 (O- 88 T).

TRT	Alt., cm	Diám., mm	No. hojas	No. hijue.	No. entren.	Hoja tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	179.2	10.6	7.02	3.15	5.35	334	19.396	5.102
112	139.5	10.4	7.00	4.15	4.12	820	17.102	3.657
113	143.4	10.8	6.75	3.47	4.45	373	14.156	2.634
114	196.2	13.5	9.40	---	7.67	459	31.899	7.000
121	179.4	11.3	7.05	2.95	5.75	278	19.295	4.553
122	134.7	10.5	6.87	4.10	4.27	598	14.998	3.191
123	143.9	10.8	6.90	6.07	3.35	784	19.402	3.786
124	206.2	16.5	9.72	---	8.12	389	38.809	7.795
211	169.2	10.3	6.82	3.60	5.20	305	17.841	5.265
212	136.5	11.0	6.87	4.20	3.62	457	22.421	5.442
213	140.1	11.4	6.67	4.37	4.30	494	17.731	3.067
214	203.9	16.6	9.20	---	7.27	738	35.632	6.539
221	173.7	10.8	6.92	3.10	4.92	358	20.575	4.884
222	125.4	13.6	6.50	4.85	3.92	493	18.911	4.056
223	135.6	12.1	6.75	5.15	3.77	419	17.931	4.251
224	201.4	16.9	9.47	---	7.72	679	38.645	6.914
311	175.8	10.8	7.07	3.00	5.62	472	18.543	4.606
312	136.1	10.5	7.20	4.75	4.32	644	19.158	4.817
313	135.4	10.5	6.62	4.30	3.97	585	20.986	4.064
314	204.0	16.1	9.42	---	5.60	655	38.575	6.847
321	172.6	10.1	6.92	3.52	5.42	449	20.333	4.443
322	141.4	11.5	5.87	5.15	3.90	677	18.477	3.927
323	142.3	12.0	6.32	4.30	3.70	891	19.007	4.070
324	204.1	1.41	9.60	---	7.32	694	41.777	7.472

TABLA 29. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero bajo condiciones de temporal: Ciclo Otoño (O-88 T).

TRT	Cen., %	P.C., %	FND, %	FAD, %	Ligni na, %	Ca, %	P, %	DIVMS %	DIVMO %
111	7.15	9.01	59.72	13.44	5.05	.2172	.0509	55.85	72.17
112	10.29	9.42	68.95	38.60	3.38	.3152	.0515	51.40	66.48
113	8.68	10.37	65.81	35.86	7.22	.2728	.0439	45.57	56.10
114	7.24	9.24	77.38	42.95	8.33	.2505	.0542	48.92	63.76
121	7.43	8.81	66.47	35.25	4.54	.2950	.0384	58.45	73.18
122	9.52	10.46	69.48	38.11	3.16	.3122	.0498	47.51	69.76
123	10.22	12.45	61.57	33.33	3.29	.3466	.0439	53.92	71.49
124	7.93	7.36	78.63	45.48	8.77	.2248	.0629	46.53	59.81
211	6.99	7.36	68.80	32.86	5.63	.2364	.0428	59.90	74.33
212	9.24	8.43	70.28	35.05	5.43	.2333	.0618	59.87	76.07
213	10.38	12.00	72.60	39.12	6.90	.2728	.0477	52.68	65.65
214	8.58	7.05	81.03	46.12	5.08	.2131	.0482	41.96	52.45
221	5.62	10.74	65.15	27.10	5.65	.1646	.0618	57.21	68.92
222	8.55	12.02	66.52	35.57	4.99	.2910	.0504	55.18	69.98
223	10.97	10.44	72.82	38.34	6.49	.2718	.0580	56.55	70.95
224	9.22	7.32	77.26	43.53	7.49	.2558	.0422	42.13	54.22
311	8.74	6.57	70.40	39.76	2.89	.2566	.0368	47.57	57.09
312	9.03	9.18	63.01	29.98	2.50	.2435	.0700	59.03	69.87
313	10.60	12.49	70.92	35.47	3.86	.2303	.0716	59.53	71.72
314	9.21	6.77	81.12	45.70	5.12	.2758	.0384	57.36	71.81
321	8.83	10.43	70.42	37.23	2.74	.2162	.0531	51.21	62.68
322	10.95	11.42	71.97	37.41	3.56	.2515	.0771	50.86	60.90
323	10.79	10.89	73.50	33.56	2.76	.3031	.0635	60.41	75.08
324	9.25	6.83	80.73	26.88	3.23	.2566	.0466	50.71	64.99



TABLA 30. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán bajo condiciones de riego: Ciclo Primavera 1989 (P-89 R)

TRT	Alt., cm	Diám., mm	No. hojas	No. hijue.	No. Entre.	hoja tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	140.80	12.12	8.52	2.62	5.10	682	24.433	7.373
112	130.02	10.20	6.90	3.05	4.07	546	16.040	5.764
113	173.05	11.82	8.15	2.65	3.30	687	23.160	8.292
121	135.47	12.32	8.70	2.50	4.02	584	24.381	7.647
122	120.35	10.45	6.82	2.12	3.55	502	14.059	5.246
123	153.32	11.87	8.12	2.75	4.20	646	31.247	11.873
211	127.87	11.45	8.10	1.85	4.80	687	20.889	7.084
212	120.45	9.87	6.67	2.27	3.15	546	12.215	4.844
213	151.27	12.17	9.37	2.32	4.25	556	21.961	8.234
221	136.22	12.65	8.22	1.67	5.07	715	24.160	7.988
222	122.15	10.07	7.07	3.35	3.72	541	15.580	6.162
223	157.17	12.95	9.30	2.22	4.27	620	25.544	9.426
311	130.77	11.37	8.57	2.70	4.65	956	19.935	6.210
312	124.32	9.70	6.92	2.07	4.22	626	13.447	4.901
313	152.90	12.10	8.90	2.20	3.82	786	23.017	9.010
321	140.57	12.57	8.50	2.22	5.17	769	28.070	8.276
322	116.07	9.32	6.57	2.40	3.37	609	13.592	5.376
323	151.02	12.27	9.50	2.77	4.12	738	20.095	7.477

TABLA 31. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán, bajo condiciones de riego: Ciclo Primavera 1989 (P-89 R).

TRT	Cen., %	PC, %	FND, %	FAD, %	Ligni- na, %	Ca, %	P., %	DIVMS, %	DIVMO, %
111	9.580	11.375	64.08	35.90	6.30	.4311	.052	60.172	71.547
112	9.925	10.325	66.03	35.72	5.77	.1176	.022	55.312	69.888
113	7.190	10.150	58.25	30.05	4.91	.2140	.044	61.281	72.877
121	6.465	10.062	64.66	37.82	5.83	.4324	.069	54.915	69.756
122	7.980	12.075	65.33	35.84	6.14	.3057	.052	57.787	73.137
123	7.025	9.625	60.56	30.74	4.98	.3010	.050	41.545	57.112
211	8.690	13.125	66.06	39.12	3.09	.2612	.061	45.176	58.378
212	10.215	11.725	65.77	46.70	2.37	.2073	.055	48.707	58.215
213	7.115	9.625	59.30	33.03	4.00	.1817	.029	59.504	74.599
221	8.180	11.375	64.84	38.07	2.45	.2882	.050	50.831	60.173
222	10.135	11.462	64.41	35.32	4.03	.2019	.046	60.869	74.643
223	7.270	10.062	58.96	30.09	3.90	.3273	.046	60.975	73.903
311	11.540	11.200	67.92	34.37	4.41	.2787	.048	64.756	80.750
312	10.120	11.550	67.60	37.69	3.15	.2167	.056	55.981	65.176
313	6.875	7.350	60.19	30.89	2.42	.3610	.053	56.524	70.683
321	10.185	11.630	66.73	37.91	3.77	.3084	.035	64.008	78.875
322	9.240	11.375	65.00	33.63	3.92	.3664	.036	63.950	79.696
323	5.125	7.875	56.18	31.62	2.04	.3677	.059	66.076	77.948



TABLA 32. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán bajo condiciones de temporal: Ciclo Primavera 1989 (P-89 T).

TRT	Alt., cm	Diám., mm	No. hojas	No. hijue.	No. entren.	Hoja Tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
111	85.6	10.90	7.50	2.47	3.25	1.574	16.919	4.316
112	104.2	8.95	5.85	2.17	3.20	0.705	13.865	3.998
113	113.8	12.85	8.52	2.47	4.17	0.801	18.634	5.631
121	96.2	10.45	7.67	2.15	3.62	1.221	15.574	4.257
122	107.3	9.50	5.97	2.35	3.22	0.676	8.643	3.065
123	110.9	11.70	8.25	1.77	3.47	0.934	20.729	7.055
211	79.9	10.12	7.25	2.65	3.42	1.470	12.187	2.824
212	86.1	7.30	5.70	2.32	2.55	1.160	9.867	3.163
213	115.1	12.57	8.45	1.82	3.35	0.850	12.000	3.735
221	70.8	10.20	7.17	2.20	2.85	2.186	13.080	3.277
222	91.6	8.25	5.92	2.32	2.82	0.815	18.869	7.203
223	100.8	12.60	8.52	1.75	3.22	0.980	16.077	5.037
311	91.9	10.60	8.22	1.75	3.87	1.331	14.863	3.556
312	95.9	7.82	6.22	2.22	2.70	0.893	7.592	2.509
313	115.5	13.17	8.72	2.12	3.30	0.736	18.068	5.744
321	84.2	10.52	7.50	2.42	3.05	1.595	14.422	3.390
322	98.3	8.50	6.40	2.50	2.55	0.925	8.430	2.716
323	107.4	12.82	8.40	1.75	3.10	0.876	19.541	5.940

TABLA 33. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre la calidad nutricional de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán, bajo condiciones de temporal: Ciclo Primavera 1989 (P-89 T).

TRT	Cen. %	PC, %	FND, %	FAD, %	Ligni- na, %	Ca, %	P, %	DIVMS, %	DIVMO, %
111	9.98	12.60	65.49	32.77	2.15	.3475	.050	69.114	81.693
112	9.85	13.50	65.90	36.57	3.19	.3070	.055	56.858	72.439
113	6.62	10.50	57.82	31.01	3.77	.2167	.039	64.275	81.392
121	9.59	15.05	61.61	31.34	3.05	.3556	.063	63.818	80.384
122	10.29	11.28	66.79	35.97	2.00	.4189	.055	49.445	65.560
123	6.69	8.75	58.24	29.90	3.61	.2262	.062	68.635	85.394
211	10.04	11.55	63.29	29.50	1.87	.3677	.064	51.007	73.586
212	11.18	12.51	63.93	33.97	2.91	.4958	.058	60.558	77.112
213	7.84	9.97	60.48	29.98	2.35	.1898	.053	64.791	81.704
221	10.19	13.91	64.15	24.14	3.21	.3583	.045	67.588	82.948
222	7.14	10.67	66.29	25.59	3.16	.4338	.071	56.487	74.497
223	8.19	9.97	59.56	39.00	2.00	.1588	.053	59.654	76.297
311	11.11	15.13	68.98	33.98	1.42	.4270	.044	64.871	80.793
312	10.37	14.00	68.25	33.55	1.09	.4270	.050	61.283	76.701
313	7.79	12.07	62.35	32.16	2.42	.4095	.065	62.624	73.344
321	9.65	15.66	62.40	32.47	1.09	.4189	.045	68.783	82.814
322	9.60	14.17	69.00	34.19	1.03	.4095	.041	60.077	75.479
323	7.98	11.37	60.18	30.67	2.63	.1574	.063	60.043	77.252



TABLA 34. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla: Análisis de varianza del experimento Primavera 1988 (P-88 R).

Variable	Altura	Diám. tallo	No. hojas	No. hijue.	No. entre.	hoja tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac.	628.6	1.40	0.92	6.42	2.36*	0.72	10.8	0.23
Comb. fac	5082.8**	0.91	12.07**	22.35**	17.29**	0.73**	50.2**	4.26
Interacc	51.0	0.70	0.45	1.43	0.28	0.31	4.3	1.69
Fertiliz	39.1	1.20	1.97	0.39	0.02	0.21	4.1	1.50
Genotipo	7661.0**	1.23	27.93**	55.67**	43.18**	1.55**	115.6**	9.61*
Genxfert	26.4	0.44	1.26	0.02	0.03	0.17	8.0	0.27
Error(a)	151.9	3.49	1.41	1.58	0.37	0.18	33.8	1.96
Error(b)	138.7	0.67	0.94	1.77	0.74	0.18	12.4	2.07
X Gral	110.9	8.66	6.79	4.35	4.94	0.86	19.1	4.32
CV A%	11.1	21.57	17.48	28.89	12.38	49.77	30.4	32.4
CV b%	10.6	9.47	14.30	24.93	17.46	49.62	18.4	33.3

TABLA 35. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla bajo condiciones de temporal: Análisis de varianza del experimento Primavera 1988 (P-88 T).

Variable	Altura	Diám. tallo	No. hojas	No. hijue.	No. entre.	hoja tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac.	254.62	.08	1.53	0.78	1.68	0.95	14.37	0.64
Comb. Fac	991.14**	1.78*	6.49**	8.95**	9.69**	3.70**	10.70	1.28*
Interac	108.10	0.70	0.21	1.63*	0.37	1.18	11.63*	0.78
Fertili	13.91	0.17	0.40	0.03	0.02	1.70	6.16	0.89
Genoti	2453.8**	3.67**	15.69**	21.18**	24.12**	6.77**	18.87	2.28
G x F	17.12	0.70	0.34	1.17	0.08	1.62	4.82	0.48
Error(a)	616.60	1.20	0.91	1.19	1.37	1.81	25.35	2.94
Error(b)	136.56	0.63	0.31	0.74	0.44	1.11	4.80	0.54
X Gral	79.06	6.46	5.76	3.57	3.67	1.72	8.82	2.28
CV A	31.41	16.96	16.57	30.59	31.89	71.94	176.7	75.32
CV B	14.78	12.28	9.61	24.09	18.19	61.32	24.65	32.21



TABLA 36. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero, bajo condiciones de riego: Análisis de varianza del experimento Otoño 1988 (O-88 R).

Variable	Altura	Diám. tallos	No. hojas	No. hijue.	No. entre.	Hoja tallo/ha	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac	97.9	0.09	0.59	0.19	0.46	.121	39.38	3.38
CombFac	11692**	0.43**	15.76**	53.99**	13.8	.400	1184**	61.85**
Interac	163.6	0.02	0.17	0.44	0.19	.338	23.19	2.75
Fertili	31.5	0.00	0.36	0.33	0.07	.249	3.64	2.86
Genotip	27198**	0.97**	35.75**	125.7**	31.8**	.638	2739**	142.55**
G x F	74.4	0.03	0.90*	0.13	0.40	.211	22.66	0.81
Error(a)	808.6	0.09	0.97	1.10	1.35	.305	60.65	6.92
Error(b)	168.3	0.03	0.25	0.43	0.24	.317	20.93	2.22
X Gral	162.1	11.11	7.19	3.33	5.77	.391	27.044	6.23
CV A	17.5	26.47	13.73	31.39	20.10	141.0	28.79	42.18
CV B	8.0	15.39	6.97	19.59	8.42	143.7	16.91	23.89

TABLA 37. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de tres cultivares de mijo perla y uno de sorgo forrajero, bajo condiciones de temporal: Análisis de varianza del experimento de Otoño 1988 (O-88 T).

Variable	Altura	Diám. tallos	No. hojas	No. hijue.	No. entre.	Hoja Tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac.	178.0	0.10	0.42	0.27	1.39	.195	80.43	1.08
CombFac	10263**	0.56**	19.07**	49.07**	26.30**	.187	901.50**	25.40**
Interac	71.2	0.04	0.18	0.89	0.87	.075	22.20	1.00
Fertili	0.2	0.10	0.22	2.94	0.08	.023	8.70	4.86
Genotip	23906**	1.26**	43.62**	111.7**	59.02**	.34**	2048.4**	55.33**
G x F	40.9	0.01	0.80	1.78	2.31*	.09	52.15	3.93
Error(a)	752.2	0.05	0.76	0.77	1.25	.03	52.97	3.73
Error(b)	202.4	0.03	0.51	0.98	0.71	.05	45.08	2.09
X Gral	163.3	1.22	7.46	3.09	5.15	.543	23.713	4.930
CV A	16.8	19.0	11.70	28.40	21.72	81.8	30.69	39.17
CV B	8.7	15.1	9.59	32.01	16.39	43.2	28.32	29.36



TABLA 38. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán, bajo condiciones de riego: Análisis de varianza del experimento de Primavera (P-89 R).

Variable	Altura	Diám. tallo	No. Hojas	No. hijue	No. entren	Hoja Tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac	314.1	0.62	0.60	0.69	0.26	151	5.71	1.34
CombFac	2954**	17.**	11.32**	0.37	3.51**	080	137.77**	11.41**
Interac	131.8	0.61	0.79	0.84	0.79	010	14.66	3.11
Fertili	80.5	3.00	0.11	0.02	0.00	020	30.82	7.73
Genotip	7161**	39.**	28.19**	0.54	8.03**	18 *	315.42**	23.77**
G x F	184.4	1.08	0.04	0.38	0.74	010	13.60	0.88
Error(a)	627.0	5.03	1.42	1.27	1.07	068	5.99	1.03
Error(b)	348.4	1.86	0.59	0.45	0.42	048	28.50	2.95
X Gral	138.0	11.40	8.05	2.43	4.16	655	13.82	5.00
CV A	18.15	19.66	14.78	46.3	24.8	39.81	17.70	20.29
CV B	13.53	11.96	9.56	27.5	15.5	33.57	38.62	34.33

TABLA 39. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada sobre el comportamiento agrobiológico de dos cultivares de mijo perla y uno de zacate Sudán, bajo condiciones de temporal: Análisis de varianza del experimento de Primavera 1989 (P-89 T).

Variable	Altura	Diám. tallo	No. hojas	No. hijue	No. entren	Hoja Tallo	RMV, t/ha	RMS, t/ha
Poblac	937.1	1.94	1.05	0.1	1.46	0.42	27.30*	3.34
CombFact	1706.**	44.**	15.0**	0.6 *	1.27*	1.66**	27.42	5.17*
Interaco	107.0	1.03	0.19	0.28	0.33	0.17	45.42*	6.12**
Fertiliz	92.2	0.01	0.09	0.14	0.80	0.10	24.80	7.43*
Genotipo	3999.**	107.**	37.3**	0.97	2.47**	3.92**	44.43	7.41*
G x F	219.8	2.36	0.27	0.44	0.31	0.17	11.71	1.81
Error(a)	1713.4	3.48	1.40	1.59	1.55	0.27	5.16	1.24
Error(b)	210.0	1.22	0.38	0.254	0.43	0.12	20.87	1.97
X Gral	97.5	10.49	7.35	2.18	3.21	1.09	9.80	2.95
CV A	42.4	17.78	16.12	57.81	38.79	47.63	23.18	37.76
CV B	14.9	10.51	8.39	23.12	20.41	31.56	46.60	47.62



























Tabla 60. Efecto de la densidad de siembra, la fertilización nitrogenada, disponibilidad de agua, y ciclo de siembra sobre la tendencia de algunos parámetros biológicos, el rendimiento y calidad nutritiva del mijo perla.

Parámetro	Ciclo de siembra												Resumen	
	Primavera 1988				Otoño 1988				Primavera 1989				General	
	Temporal Riego				Temporal Riego				Temporal Riego					
	Pob	Fer	Pob	Fer	Pob	Fer	Pob	Fer	Pob	Fer	Pob	Fer	Pob	Fer
Altura	+	=	+	=	=	=	+	=	-	=	-	-	+	=
Diámetro	+	+	=	-	=	+	-	=	=	=	=	+	=	+
No. hojas	+	-	+	+	=	-	+	-	+	=	+	+	+	=
No. hijuelos	-	=	-	-	=	+	-	+	-	-	-	+	-	+
Hoja/tallo	+	+	-	-	+	+	-	=	+	+	+	-	+	+
RMV/ha	+	=	+	+	+	+	+	=	-	+	-	+	+	+
RMS/ha	+	=	+	+	+	+	+	=	-	+	-	+	+	+
Ceniza	-	+	-	+	+	+	=	+	+	-	+	-	+	+
PC	-	=	-	+	-	+	=	=	+	-	-	=	-	+
FND	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	=	-	-	=
FAD	=	+	+	=	+	=	-	=	=	-	=	-	+	-
Lignina	+	-	+	-	-	-	-	=	-	=	-	=	-	-
Calcio	+	=	-	+	-	+	-	+	+	-	=	+	-	+
DIVMO	+	-	-	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+



Tabla 61. Ecuaciones generales de predicción del contenido de proteína cruda y DIVMO para los genotipos de mijo perla, para cada uno de los experimentos.

		$R^2$
P88-R		
PC:	$Y = 5.9575 - 1.2940X_5 + 0.2378X_9$	0.7818
DIVMO:	$Y = -82.9739 + 0.9210X_{19} + 0.9515X_{10} + 0.2909X_{12}$	0.8446
P88-T		
PC:	$Y = 9.6879 - 0.2691X_{11} + 0.9963X_{17} + 0.0390X_{19} - 0.8548X_8$ $- 0.0354X_3 - 0.3862X_{10} + 0.4073X_2 - 0.0265X_{14}$	0.7522
DIVMO:	$Y = 37.1971 - 6.1215X_{11} + 0.6889X_{13} + 6.4121X_{10} - 4.8495X_8$ $- 5.4303X_{15} + 4.7939X_{12} + 2.8261X_6$	0.8443
*****		
O88-R		
PC:	$Y = -23.2579 - 0.0039X_1 + 3.3718X_2 + 84.8464X_{17} - 4.1712X_6$ $+ 0.4136X_9 - 1.7390X_8$	0.8958
DIVMO:	$Y = -73.7964 + 1.7995X_{13} + 0.5181X_{13} + 1.1862X_{11}$ $- 17.3616X_2 + 0.4188X_4$	0.9405
O88-T		
PC:	$Y = 2.5076 + 0.1618X_6 - 0.0031X_8 + 0.0007X_7 - 0.1524X_4$ $- 0.3626X_3 + 1.4911X_4 - 0.6706X_{11} + 0.2162X_{13}$	0.9384
DIVMO:	$Y = 2.4283 + 1.0930X_{19} + 50.6500X_{16} - 0.2012X_{14}$	0.8290
*****		
P89-R		
PC:	$Y = 218.3428 - 2.1576X_4 - 0.4059X_8 - 0.6663X_{10} - 1.2949X_9$ $+ 1.8385X_6 - 0.2297X_8 + 0.1031X_7 + 0.9394X_2$ $- 2.3974X_{16}$	0.9961
DIVMO:	$Y = -0.0746 + 1.2325X_9$	0.9291
P89-T		
PC:	$Y = 99.2729 - 0.9924X_{11}$	0.9998
DIVMO:	$Y = 149.4785 + 0.9755X_{13} - 13.2907X_8 - 0.8088X_7 - 11.9427X_6$ $- 0.9628X_{12} + 6.8876X_{17}$	0.9644



